

Utredning av problem och lösningar för renovering av trähus från förra sekelskiftet

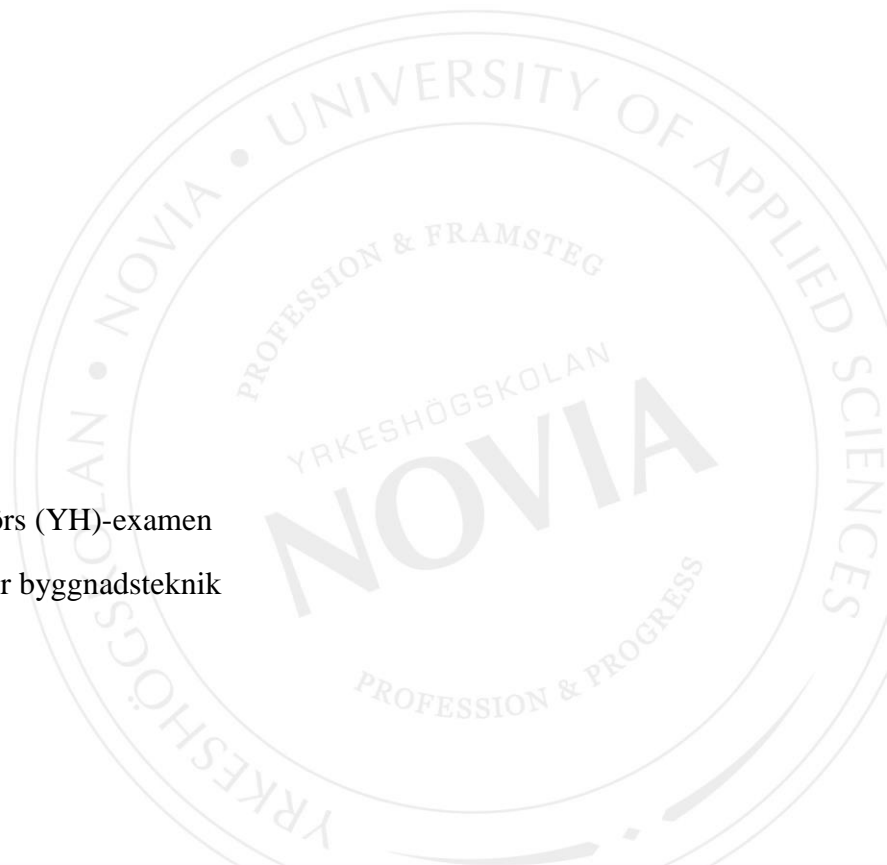
Farstavikens skolbyggnader

Sofia Rönnblad

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för byggnadsteknik

Vasa 2016



Examensarbete

Författare:	Sofia Rönnblad
Utbildning och ort:	Byggnadsteknik, Vasa
Inriktningsalternativ:	Konstruktionsteknik
Handledare:	Leif Östman

Titel: *Utredning av problem och lösningar för renovering av trähus från förra sekelskiftet*

Datum: 21.4.2017

Sidantal: 40

Bilagor: 2

Abstrakt

Detta examensarbete gjordes på uppdrag av Bjerking AB. Examensarbetet innefattar fuktsäkerhet, energibesparing och byggteknik av trähus från slutet av 1800-talet och början av 1900-talet samt åtgärdsförslag för renovering av objekt Farstavikens skola. Genom litteraturstudier, intervjuer och beräkningsprogrammet DOF-Lämpö presenteras olika åtgärdsförslag vid renovering av objekt Farstavikens skola samt den problematik som berör detta.

Målet med examensarbetet var att utreda vilka alternativa lösningar och problem det finns med tilläggsisolering och renovering av äldre trähus med beaktande av energibesparing, fuktsäkerhet samt bevarande av kulturhistoriskt värde. Resultatet blev med hjälp av objekt Farstavikens skola, olika åtgärdsförslag samt för- och nackdelar med dessa.

Språk: svenska

Nyckelord: tilläggsisolering, energieffektivitet, sekelskifteshus, fuktsäkerhet, kulturhistoriskt värde

BACHELOR'S THESIS

Author:	Sofia Rönnblad
Degree Programme:	Construction Engineering, Vaasa
Specialization:	Structural Engineering
Supervisor:	Leif Östman

Title: *Investigation of Problems and Solutions of Renovating a 19th Century Wooden House*

Date: 21.4.2017

Number of pages: 40

Appendices: 2

Abstract

This Bachelor's thesis was made on behalf of Bjerking AB in Sweden. This thesis analyses moisture safety, energy saving as well as building technology of a wooden house from the end of the 19th century to the beginning of the 20th century. This thesis also includes suggestions of how to renovate the school building Farstavikens skola. Through studies of literature, interviews and by the calculation program DOF-Lämpö, this thesis introduces various measures of the renovation of Farstavikens skola, including some problems related to renovation of old wooden houses.

The goal of this thesis was to investigate alternative solutions and problems with additional insulation and renovation of an old wooden house and observe energy saving, moisture safety and preserve the cultural-historic value of the building. The result of this Bachelor's thesis became various solutions of how to renovate the school building Farstavikens skola and which advantages and disadvantages these solutions have.

Language: swedish

Key words: additional insulation, energy efficiency, old wooden house, moisture safety, cultural-historic value

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Målsättning	1
1.3	Uppdragsgivare.....	2
1.4	Metod och verktyg	2
1.5	Forskningsfrågor	2
1.6	Avgränsning.....	3
1.7	Översikt över innehåll.....	3
2	Sekelskifteshus	4
2.1	Grundläggande begrepp	4
2.2	Allmänt om sekelskifteshus	5
2.3	Trähusets byggteknik under sekelskiftet 1800 till 1900	7
2.3.1	Stolpverkshus	7
2.3.2	Restimmerhus	10
2.3.3	Resvirkeshus.....	12
2.3.4	Plankhus	14
2.3.5	Grundläggning	16
2.3.6	Torpargrund och mullbänk	16
2.3.7	Självdraagsventilation	17
2.3.8	Diffusionsöppen byggnad.....	18
3	Intervjuer	19
3.1	Sammanfattning av intervjuer.....	20
4	Byggfysik	22
4.1	Allmänt om fukt.....	22
4.1.1	Fukttransport.....	23
4.1.2	Fukt och trä.....	24

4.1.3	Fuktskador	24
4.2	Ångspärr och ångbroms	24
4.2.1	Ångspärr	25
4.2.2	Ångbroms	25
4.3	Luftspärr.....	25
4.4	Klimatskärmen.....	26
5	Val av byggnadsmaterial vid renovering av äldre trähus	27
5.1	Byggnadsmaterial av trä och dess egenskaper.....	28
5.2	Isoleringsmaterial.....	28
5.2.1	Organiska isoleringsmaterial	28
5.2.2	Syntetiska isoleringsmaterial	29
6	Energiförbättring	30
6.1	Nuvarande krav och regler.....	31
6.2	Hur mycket krävs för att komma upp till dagens nybyggnadskrav och hur påverkas byggnaden av tilläggsisolering.....	31
6.3	Konsekvenser av ökad energibesparing.....	33
7	Resultat och diskussion	33
7.1	Diskussion.....	34
	Litteraturförteckning.....	36

Bilagor

Bilaga 1 Åtgärdsförslag för renovering av trähus från förra sekelskiftet

Bilaga 2 Beräkningsresultat av åtgärdsförslag i DOF-Lämpö

1 Inledning

Trähus som byggdes på slutet av 1800-talet och början av 1900-talet skiljer sig åt från dagens byggnader, allt från byggmetoder, byggteknik, material och funktion. Vid en renovering av ett äldre trähus är det därmed viktigt att känna till den specifika byggnadens förutsättningar och funktioner för att uppnå ett tillfredsställande resultat (Puurunen, 2016, s. 7).

Detta examensarbete handlar om att reda ut olika alternativa renoveringslösningar för trähus byggda kring sekelskiftet 1800 till 1900, med beaktande av kulturhistoriskt värde, energibesparing och fuktsäkerhet i byggnaden. Det finns många olika lösningar som alla har sina för- och nackdelar samt påverkar konstruktionen och dess funktion på olika sätt. På uppdrag av Bjerking har jag i detta examensarbete undersökt vilka möjliga åtgärder som skulle kunna tillämpas på Farstavikens skola, samt vilka för- och nackdelar dessa åtgärdsförslag har.

1.1 Bakgrund

Sommaren 2016 arbetade jag på Bjerking AB i Stockholm. Där fick jag uppdraget att göra en utredning av träbyggnader från slutet av 1800-talet och början av 1900-talet. Bjerking har som uppdrag att projektera renoveringen av tre skolbyggnader vid Farstavikens skola.

Min uppgift var att studera och fördjupa mig i byggnadstekniken av trähus från sekelskiftet 1800 till 1900, reda ut hur en renovering av dessa trähus kan utföras för att minska energiförluster och närma sig dagens normer samt utreda hur en renovering påverkar trähusets funktion och fuktförhållanden.

1.2 Målsättning

Målsättningen med detta examensarbete var att på uppdrag av Bjerking AB utreda vilka lösningar och problem som kan uppstå i samband med ombyggnad och tilläggsisolering av äldre trähus från sekelskiftet, med beaktande av fuktsäkerhet samt bevarande av det kulturhistoriska värdet.

Med hjälp av objektet Farstavikens skola presenteras olika alternativa lösningar för att förbättra byggnadens energibesparing samt den problematik som kan uppstå med de olika lösningarna. Lösningarnas för- och nackdelar har jag reflekterat över tillsammans med byggnadskonstruktör Magnus Jonsson och byggnadskonstruktör Markus Lagerwall på Bjerking.

1.3 Uppdragsgivare

Bjerking AB är ett teknikkonsultföretag i Sverige. Företaget grundades år 1943 av Sven-Erik Bjerking. Företaget är heltäckande inom bygg och anläggning, med kontor i Uppsala, Stockholm och Enköping.

1.4 Metod och verktyg

Examensarbetet utfördes med litteraturstudier, intervjuer och med beräkningsprogrammet DOF-Lämpö. En stor del av intervjuerna är utförda i Sverige men även några diskussioner har utförts i Finland. Fukt- och värmeanalyser har jag utfört i dataprogrammet DOF-Lämpö, för att få en bild av värme och fuktförhållanden i lösningarna samt för att kunna jämföra med de riktvärden som Boverkets byggregler ger. Beställaren av detta examensarbete är från Sverige och därför används svenska normer i examensarbetet.

1.5 Forskningsfrågor

Temat som examensarbetet behandlar är mycket brett och det finns ett stort utbud av litteratur. Därför gjordes ett antal forskningsfrågor, dessa användes som utgångspunkt i examensarbetet.

Forskningsfrågorna är följande:

Hur påverkas konstruktionens funktion av tilläggsisolering?

Hur mycket ska man byta ut/ hur stora åtgärder skall man göra?

Vad är typiska lösningar?

Vilka alternativ finns för ångspärr och vilka är konsekvenserna?

Hur påverkas det kulturhistoriska värdet i dylika träbyggnader?

1.6 Avgränsning

Renovering med beaktande av energieffektivisering och fuktsäkerhet är ett brett ämne. I detta examensarbete behandlas konstruktionens vindsbjälklag, yttervägg och bottenbjälklag samt deras funktioner. I examensarbetet beaktas inte ventilation, uppvärmningssystem och ekonomiska aspekter. Underhåll av byggnaden har stor betydelse för konstruktionens beständighet och funktion, detta tas dock inte upp i detta arbete.

De åtgärdsförslag som presenteras i bilagan är inte lösningar som kan tillämpas på alla träbyggnader från förra sekelskiftet utan målet är att ge principer på olika åtgärder som kan tillämpas enligt den aktuella byggnadens förutsättningar. Förra sekelskiftets byggteknik beskrivs inte exakt, utan enbart principer för tidstypiska metoder tas upp.

I beräkningsprogrammet DOF-Lämpö används data från programmets egen materialdatabas, data för gammalt trämaterial saknades. Detta bör beaktas vid tolkning av resultaten.

1.7 Översikt över innehåll

Efter inledningen följer kapitel två, där trähus från förra sekelskiftet presenteras. Kapitlet behandlar de vanligaste hustyperna under denna tidpunkt samt dess byggteknik och funktion. Det tredje kapitlet innehåller en sammanfattning av de intervjuer som jag gjort för att få en helhet över den problematik som berör förra sekelskiftets trähus samt synpunkter på fuktsäkerhet och energibesparing i dessa byggnader.

I kapitel fyra diskuteras allmänt om fukt. I kapitel fem och sex behandlas ång- och luftspärr. Kapitel sju handlar kort om klimatskärmen och dess uppgift. I det åttonde kapitlet reflekterar jag över materialval och dess problematik vad gäller äldre diffusionsöppna trähus. Kapitel nio handlar om dagens krav och regler som gäller för ändring av byggnad i Sverige, reflektioner över hur mycket som krävs för att uppnå dagens krav samt vilka konsekvenser som kan uppstå av ökad energieffektivisering. Utöver detta har jag gjort två bilagor, bilaga 1 presenterar de åtgärdsförslag som jag utarbetat samt vilka för- och nackdelar dessa har. Bilaga 2 innehåller resultaten av de beräkningar som jag utfört i DOF-Lämpö.

2 Sekelskifteshus

Detta kapitel handlar om trähus från slutet av 1800-talet och början av 1900-talet. Jag ska berätta om de vanligaste hustyperna i Norden under denna tidsperiod, dess byggteknik och kort om dess funktion. Dessa hustyper är stolpverkshus, resvirkeshus, restimmerhus och plankhus.

2.1 Grundläggande begrepp

Kapitlet inleds med en presentation av grundläggande terminologi som används inom äldre byggteknik.

Blindbotten	Del av bjälklag, består av korta brädor mellan golvbjälkarna lagda på läkt som spikas på bjälkarnas sidor nära underkanten. Blindbottens uppgift är att bära isoleringsmaterialet i bjälklaget.
Kärnvirke	Byggvirke, detta virke kommer från kärndelen av virket.
Skrätt virke	Virke som är grovsågat eller hugget.
Spontat virke	Virke med fjäder och not, i virkets kanter.
Utskottsvirke	Virke av sämsta kvalité vid sågverk. Detta virke används på sådana ställen av byggnaden som inte syns, till exempel i trossbotten.
Ringvarv	Stockvarv som avdelar det våningshöga virket i bjälklagshöjd.
Väggband	Virke i bjälklaget som styvar upp ytterväggens stående plank.
Råspont	Spåntat virke med den bättre flatsidan sågad, den andra grovhyvlad.
Hammarband	Horisontal virkesdel i trävägg som sammanhåller väggen upptill.
Hjärtvägg	Invändigt bärande vägg som löper i husets längsriktning.
Syll	Den understa stocken eller bjälken i byggnaden.
Rustbädd	Konstruktion av varandra korsande bjälkar eller plankor. Som vid grundläggning i lös jord anbringats horisontalt under grunden.

Dymling	Pinnliknande trädetalj som hindrar virkesstyckens glidning inbördes. Dessa små trästavar används för bland annat sammanfoga det stående timret och de liggande ringvarven.
Dreva, drevning	Täta med drev av lin, jute m.m.
Koksaska	Aska och slagggorn av urbrunnet koks, användes som värme- och ljudisolerande fyllning.
Laxa, inlaxning	Infästningsmetod för till exempel bjälkar.
Reveteringstegel	Tegelplatta som används som underlag för puts på plankvägg.
Rörning	Underlag av vassrör för putsning.
Revitering	Putsbeklädnad, putsen fästs på träet med ett lämpligt underlag, till exempel vassmattor eller reveteringstegel.
Spritputs	Pigmenterad puts innehållande en mindre del finkornigt stenmaterial med kornstorleken sex till åtta millimeter.
Spräckpanel	Inbrädning av vägg eller innertak som underlag för puts. Det är smala brädor, eventuellt spräckta med yxa.
Bärläkt	Läkt för bärning till taktäckning av takpannor.
Ströläkt	Läkt som placeras under bärläkt i takfallets lutningsriktning. Används för att underlätta avrinning av läckvatten och luftning av yttertaket.
Asfaltpapp	Pappmaterial som är impregnerat eller behandlar med bitumen.
Skrädning	Virket är bilat på två sidor.

2.2 Allmänt om sekelskifteshus

I Norden har det alltid funnits god tillgång på virke. Därför har trä länge varit det mest använda byggnadsmaterialet i Norden. Trä är ett byggnadsmaterial med goda egenskaper eftersom det är segt, starkt och hållbart för både tryckkrafter och dragkrafter. Dessa egenskaper gör trä till ett utmärkt byggnadsmaterial i bärande konstruktioner, som

fasadmateriel och i inredningar. Virke som använts till timmerarbete är framförallt furu och gran. Dessa träslag ger relativt rakt timmer, är lätta att bearbeta, tillräckligt starka och finns i riklig förekomst (Björk, et al., 2009, s.203).

Det finns två huvudprinciper för trästommar. En av stommarna är liggtimmerstommen som med tiden utvecklades till grov resvirkesstomme och senare till slank plankstomme. Den andra trästommen är stolpverksstommen som utvecklats till regelstomme med klenare dimensioner. Det är också denna senare variant med viss modifiering som är den mest förekommande idag. Dessa typer av trästommar bevitnar tydligt hur byggandet har utvecklats från grova dimensioner till allt klenare. Detta blev möjligt tack vare utvecklingen av ångsågen (Björk, et al., 2009, s.203).

Byggnadstekniken under slutet av 1800-talet och början av 1900-talet hade många olika lösningar som skiljer sig från dagens byggnadsteknik. Till exempel tätades utsidans fogar och sprickor med tjärad moss eller tjärdrev. Timmerväggar kläddes med till exempel puts eller träpanel för att skydda mot varierande väderlek och för att göra konstruktionerna mindre värmeledande. Putsen skyddade även mot eld. I plankväggar och resvirkesväggar användes ofta asfaltpapp under panelen (Björk, et al., 1988, ss.170–171).

För att skydda ändträet i stommen isolerades bjälklagen mot fukt, mask och röta. Detta utfördes till exempel genom beklädnad av bjälkar med blyplåt, inklädnad med asfaltpapp, bestrykning av tjära vartefter näver påspikades. Inklädnad med asfaltpapp var en vanligt förekommande metod, dock var det en av de sämre isoleringsmetoderna. Bästa metoden ansågs vara att använda blyplåt, men det var även den dyraste metoden för isolering. För att skydda bjälkarna från röta och svampbildning kunde ett lager av kreosotolja eller karbolineum strykas på (Björk, et al., 1988, s.177).

För att isolera mot köld och förhindra ljudöverföring byggdes en så kallad trossning i bjälklaget. Detta innebar att man spikade en läkt längs bjälkarna, på dessa lades sedan blindbotten. Till fyllning i blindbotten användes till exempel kalkgrus, torr lera, mörkel, sand, kolstybb, slagg, koksaska, korkavfall, kiselgur och sågspån. För att skapa ett ljuddämpande bjälklag kunde remsor av lumphpapp eller hårfilt placeras mellan bjälkarna och golvplank (Björk, et al., 1988, ss. 178–179).

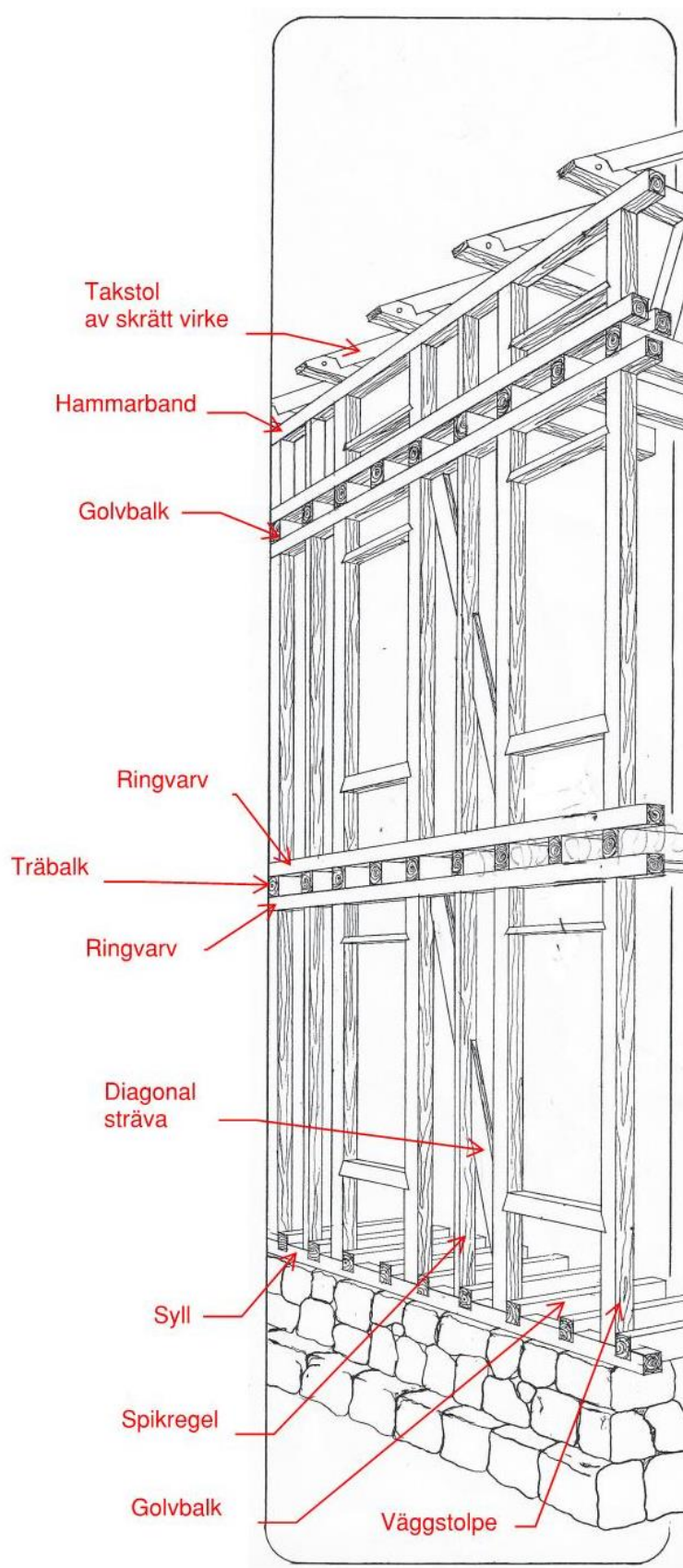
2.3 Trähusets byggteknik under sekelskiftet 1800 till 1900

Detta kapitel behandlar de olika hustyper som byggdes på slutet av 1800-talet och början av 1900-talet samt dess byggnadsteknik. Typerna i fråga är stolpverkshus, restimmerhus, resvirkeshus och plankhus. Farstavikens skola är av typen stolp- och plankhus. Jag berättar inledningsvis allmänt om hustyperna och sedan om dess byggteknik.

2.3.1 Stolpverkshus

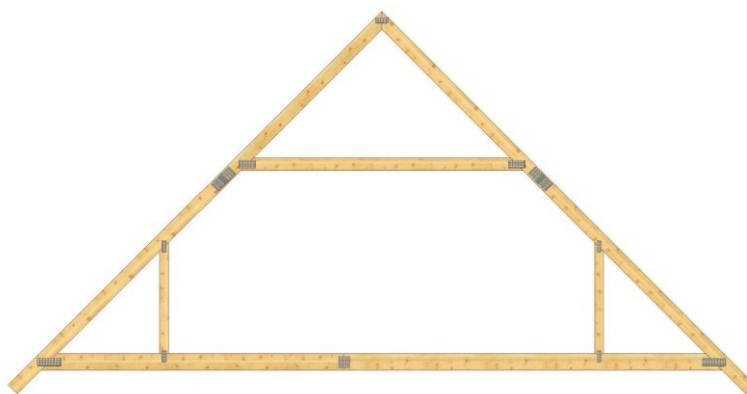
Redan på slutet av 1700-talet började man bygga trähus av stolpverkskonstruktion. Detta blev däremot vanligt först i slutet av 1800-talet. Detta var en virkesbesparande metod, där man till och med tog tillvara på sågspillet vid sågverket och fyllde det i väggar och bjälklag som isolering. Även torvmull kunde användas som värmeisolerande material, det var inte bara isolerande utan även ljuddämpande. Spånfyllningen sjönk ofta ihop efter en tid och det kunde leda till oisolerade partier i vägg och golv (Björk, et al., 2009, s.204; Björk, et al., 2003, s.30–31).

Det finns huvudsakligen två olika konstruktionssätt för stolpverkshus. Ett av konstruktionssätten består av våningshöga väggstolpar. Väggstolparna är av fyrkantsvirke och är avdelade med genomgående ringvarv i bjälklagshöjd. Det andra konstruktionssättet består av rektangulärt genomgående väggstolpar som hålls ihop av inre, halvt inhuggna väggband (Björk, et al., 2003, ss.30–31).



Figur 1. Stolpverkshus (Björk, et al., 2003).

Taket på en stolpverkskonstruktion består av svensk takstol i skrätt virke, med vanligtvis dimensionen 5x5 tum (125x125 mm), sammanhugget halvt i halvt. Takstolarna vilar på ytterväggen ovanpå ett hammarband. Taket är täckt med takpanel och falsad plåt. Vindsbjälklaget består vanligtvis av 5x7 tum (125x175 mm) golvbjälkar och blindbotten av utskottsvirke samt en fyllning av sågspån. I taket placeras panel med pappspänning. Över och under fönster placeras ett stycke liggande virke som huggs in i de stående stolparna på vardera sidan av fönstren. Utrymmet under fönstren är uppfyllt med plank eller annat material som inte kan sjunka ihop (Björk, et al., 2003, ss.30–31).



Figur 2. Svensk takstol (TASS Takstol-specialisten AB, u.d.).

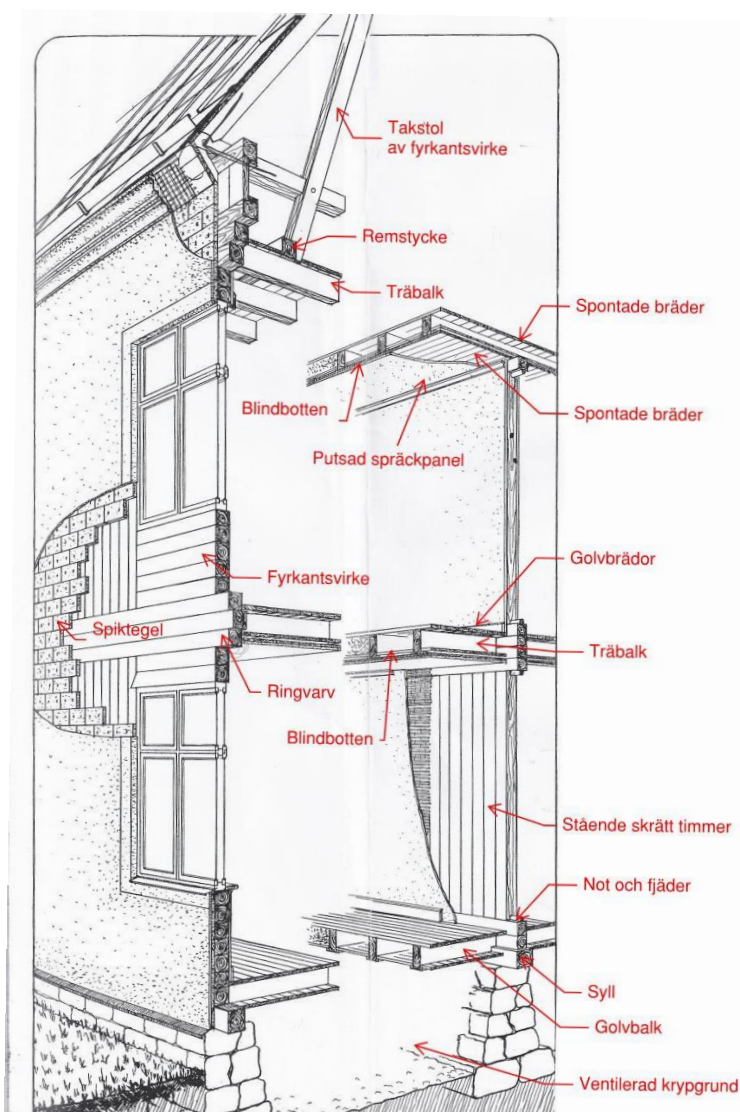
Ytterväggen består av stående väggstolpar, vanligtvis dimensionen 5x5 tum (125x125 mm) med ett centrumavstånd på cirka 1,2 meter. Väggstolparna är resta direkt på syllen. Mellan dessa placeras spikreglar och diagonala strävor. Båda sidorna av väggstolparna är täckta med papp och på pappen är spontad panel fastspikad. Mellanrummet i väggen är fyllt med löst material, till exempel sågspån, kutterspån, halm eller annat tillgängligt material som fanns på plats under byggandet. Insidan av ytterväggen är pappspänd och tapetserad. Utsidan av väggen är dekorerad med snickeridetaler. Syllen, väggstolparna och hammarbanden är alla gjorda av samma virkesdimension (Björk, et al., 2003, ss.30–31).

Mellanbjälklaget består av träbjälkar med vanligtvis dimensionen 5x7 tum (125x175 mm), golvträ och blindbotten. Blindbotten är fylld med kalkgrus och sågspån. Under och över mellanbjälklaget finns ringvarv. Varannan bjälke bärs av stolpen under och varannan av ringvarvet. Innertaket består av takpanel och pappspänning (Björk, et al., 2003, ss.30–31).

Bottenbjälklaget är byggt av golvbjälkar med en dimension på cirka 5x8 tum (125x200 mm). Dessa är inlaxade i syllen. Mellan syll och grundmur finns kapillärbrytande tjärpapp placerat. Blindbotten är fylld med sågspån, kutterspån eller annat fyllnadsmaterial som var tillgängligt på byggplatsen. Stolpverkshus från slutet av 1800-talet och början av 1900-talet har krypgrund, med ett ventilerat utrymme mellan bottenbjälklaget och marken (Björk, et al., 2003, ss.30–31).

2.3.2 Restimmerhus

Restimmerhus började byggas i slutet på 1700-talet. Restimmertekniken var krävande eftersom virket till stommen måste vara torrt. Om virket inte var torrt kunde stora torkningssprickor uppstå. Torrt gammalt virke från rivna liggtimmerhus användes därför i stor utsträckning till dessa hus. En nackdel med resvirke var att de hade dålig täthet och

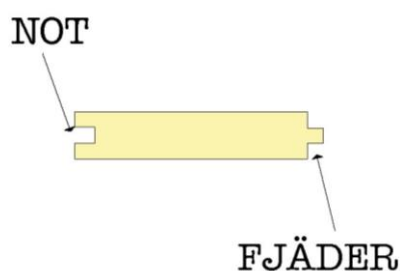


Figur 3. Restimmerhus (Björk, et al., 2003).

värmeisoleringsförmåga, samt att det krävdes en stor virkesåtgång (Björk, et al., 2003, ss.32–33; Björk, et al., 2009, s. 203).

Takstolarna består av fyrkantsvirke, sammanhugget halvt i halvt. Takstolarna står på ett remstycke som fördelar laster till väggar och vindsbjälklag. Taket är ofta konstruerat med en brant lutning och klädd med falsad plåt direkt på takpanelen. Vindsbjälklaget är vanligen byggt av 4x8 tum (100x200 mm) träbjälkar som på bägge sidor är täckta med spontade brädor. Blindbotten mellan vindsbjälklagets undre och övre del är fyllt med fyllnadsmaterial, till exempel koksaska. Takets insida består av putsad spräckpanel (Björk, et al., 2003, ss.32–33).

Ytterväggen är konstruerad av stående, skrätt timmer med dimensionen 6 tum. Det stående timret sammanfogas med dymlingar och skapar på detta sätt våningshöga väggtaflor som är resta på syllen med hjälp av fjäder och not. På syllen finns en fjäder fastspikad och i timrets båda ändor är en not uthuggen. Detta ger ett bra grepp mellan syllen och väggtaflorna. Ovanpå väggtaflorna finns ett ringvarv av liggande timmer längs hela fasaden, ringvarvet avslutar det våningshöga stående timret. Sammanfogningen av ringvarv och timmer utfördes med fjäder och not. Ytterväggens utsida består av puts, med ett underlag av spiktegelför att hålla putsen på plats. Invändigt är ytterväggen pappspänd och tapetserad (Björk, et al., 2003, ss.32–33).



Figur 4. Fjäder och not (Svensson & Dahlén, 2016).

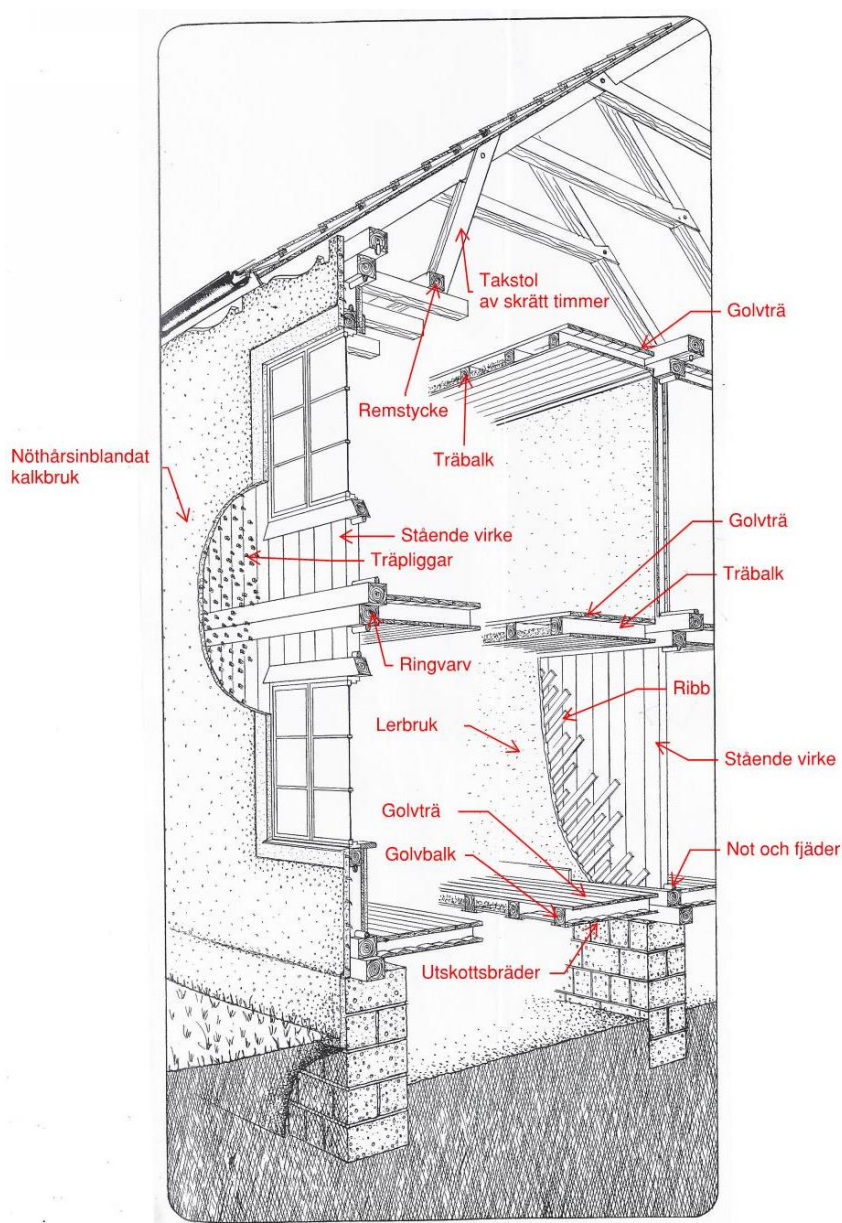
Ovanför fönstren placeras liggande fyrkantsvirke inhugget i restimret. Under fönstret, vid den så kallade fönsterbröstningen placeras liggande timmer. Timret är sammansatt med dymlingar sinsemellan, i ringvarvet och i syllen. Mellanbjälklaget består av träbjälkar med vanligtvis dimensionen 4x10 tum (100x254 mm) samt golvbrädor och blindbotten. Blindbotten är vanligen fylld med koksaska eller annat material som fanns tillgängligt på

byggplatsen. Mellanbjälklagets innertak består av puts på spräckpanel (Björk, et al., 2003, ss.32–33).

Bottenbjälklaget är till stor del likadant som mellanbjälklaget. Bjälkarna vilar på och är infästa i syllen. Syllen består av fyrkantsvirke. Grundmurarna skapar en krypgrund som är ventilerad. Mellan grundmuren och syllen är en fuktisolering av näver och papp placerad (Björk, et al., 2003, ss.32–33).

2.3.3 Resvirkeshus

Bostäder av resvirke började byggas i slutet av 1800-talet och i början av 1900-talet. Till skillnad från restimmerhus och stolpverkshus saknar resvirkeshus blindbotten. Det innebär att denna hustyp har dålig ljudisolering. Unikt med denna hustyp är också att springorna är tätade med lin. Fasaden på resvirkeshus består av puts eller träpanel. Fördelen med att använda puts var att det gav ökat brandskydd, bättre vindtäthet och därmed bättre värmekomfort. En nackdel med putsen är däremot att den är känslig för rörelser. Därför hade man en väntetid på ungefär ett år innan man putsade fasaden, om marken var sättningsbenägen. Kalkbruket som användes till putsen på slutet av 1800-talet och i börja av 1900-talet kunde bestå av bland annat nöt- och svinhår. Det gav god seghet och minskad sprickbildning för bruket (Björk, et al., 2009, s.205).

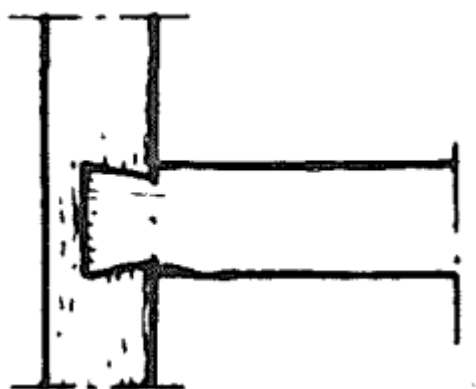


Figur 5. . Resvirkeshus (Björk, et al., 2003).

Taket består av takstolar i skrått timmer, dessa vilar på ytterväggarna med hjälp av två liggande stockvarv och på vindsbjälklaget vilar takstolarna på ett remstycke. Takstolarna är klädda med brädor, papp och taktegel. Vindsbjälklaget består vanligtvis av bjälkar 4x5 tum (100x125 mm) samt golvträ. Fyllningen i bjälklaget är sågspån och innertaket består av träpanel. Över och under fönster finns liggande virke infällt. Fogar mellan timret är tätat med drev och vid behov har man kompletterat fogarna med tätande lister (Björk, et al., 2003, s. 35; Bjerking, 1974, s. 62).

Ytterväggen består av stående virke med dimensionen 4 tum. Det stående virket är dymlat i sidled och bildar på detta vis en sammanhängande vägg. Vid virkets ändar har man huggit ut en not och på syllen är en styrfjäder fastspikad. Detta förenar syllen med väggen. På utsidan av väggen har träpliggar slagits in, som fäste för putsen. På insidan av väggen är en ribb placerad med ett agnblandat lerbruk ovanpå. Denna yta är målad eller tapetserad. Ringvarvet består av två varv liggande stock med dimensionen 4x4 tum (100x100 mm). Det liggande ringvarvet avdelar det stående virket i bjälklagshöjd (Björk, et al., 2003, s. 35).

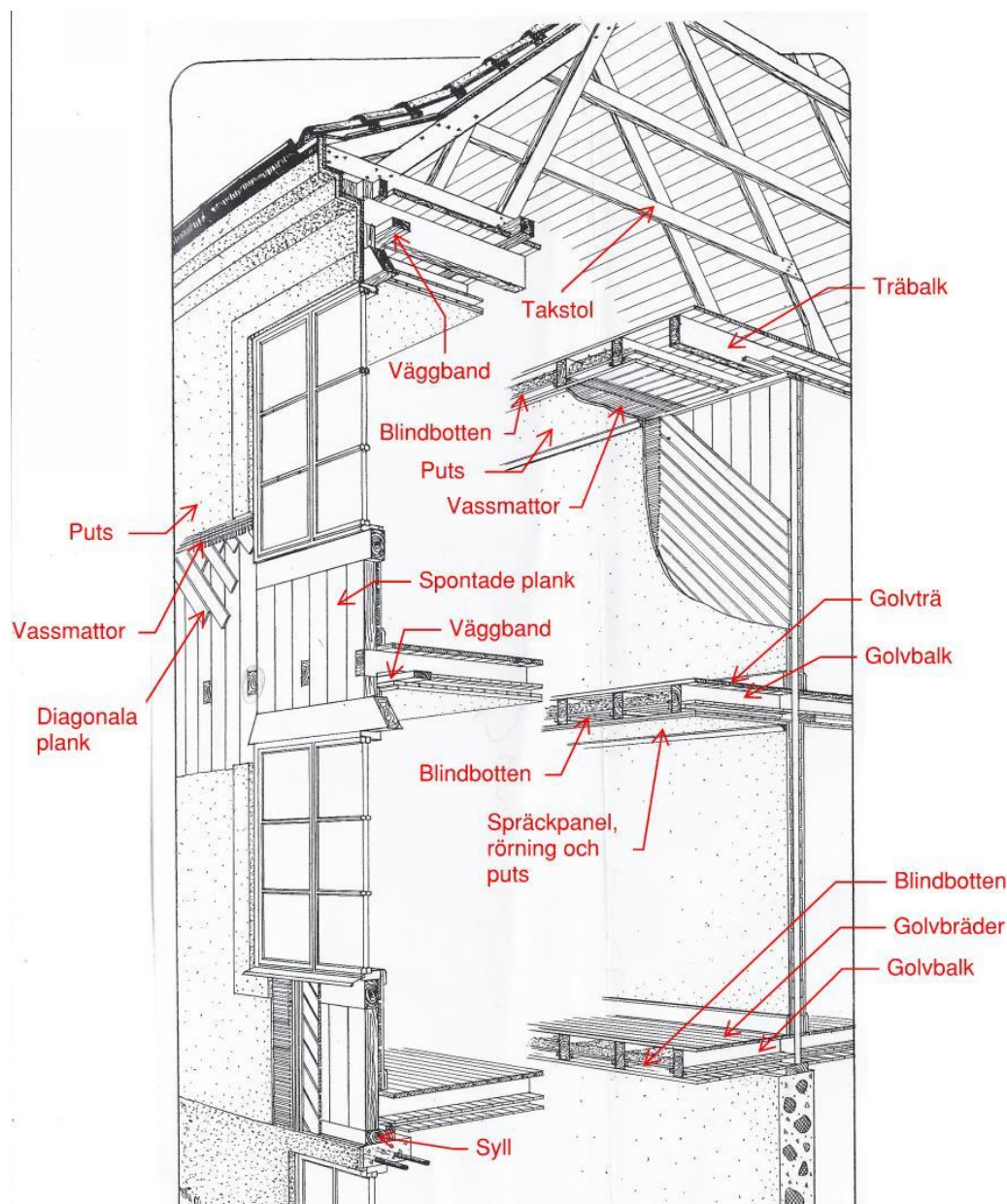
Mellanbjälklaget är uppbyggt av träbjälkar cirka 4x7 tum (100x175 mm), som är inlaxade i ringvarvet. På bjälkarna har man placerat golvträ. I bjälklaget används till exempel sågspill som fyllningsmaterial. Bjälklagets innertak är gjort av brädor. Bottenbjälklaget består av träbjälkar cirka 4x7 (100x175 mm). Golvträ är placerat ovanpå träbjälkarna och under bjälkarna finns utskottsbrädor. Däremellan är bottenbjälklaget fyllt med sågspill. Mellan bottenbjälklaget och grundmuren är en isolering av tjärpapp placerad för att skydda bottenbjälklaget från fukt (Björk, et al., 2003, ss. 34–35).



Figur 6. Inlaxning (Bjerking, 1974)

2.3.4 Plankhus

I början av 1900-talet utvecklades plankhuset. Ångsågen gjorde att det handbilade virket minskade och allt mer sågade plank började användas, detta sparade både tid och virke. Plankhus är en vidareutveckling på resvirkeshuset, skillnaden mellan dessa hustyper är att resvirkeshus har en stomme som dymlats ihop. Medan plankhuset har en stomme av stående plank och är stagad med väggband. Det gör att plankhusen får en slankare stomme än resvirkesstommen (Björk, et al., 2003, ss. 36–37).



Figur 7. Plankhus (Björk, et al., 2003).

Planken var till en början inte spontade utan hölls samman med hjälp av syllen, vaggbanden och hammarbandet avslutade väggen. Planken tätades med drevning. Detta var en tids- och virkesbesparande byggnadsmetod, men denna metod gav ingen god täthet eftersom planken saknade spont. Med tiden utvecklades spontade plank som förbättrade stommens stadga och vindtäthet. Många gånger tätades även springorna med drev och stommen kunde beklädas med papp, vilket förbättrade vindtätheten ytterligare. Om det behövdes användes plattjärn för att hålla ihop och förankra stommen (Björk, et al., 2003, ss. 36–37).

Taket på ett plankhus består av takstolar, virke av vanligtvis dimensionen 4x5 tum (100x125 mm) sammanhugget halvt i halvt. På takstolen är spontade bräder placerade, täckta med papp

och ovanpå ströläkt och bärläkt. På bärläkten är lertegel placerat. Vindsbjälklaget är byggt av träbjälkar cirka 4x8 tum (100x200 mm) med en blindbotten som består av lätt fyllning, till exempel sågspån. Innertaket består av vassmattor och puts (Björk, et al., 2003, ss. 36–37).

Ytterväggen består av stående, spontade plank 3x8 tum (75x200 mm). På bjälklaget finns ett väggband som stöder upp det spontade planket. Fasaden på ytterväggen är klädd med diagonala plank, vassmattor och puts ovanpå. Insidan av väggen är konstruerad på samma sätt. Istället för plank och vassmatta kan fasaden även bestå av en tjock asfaltpapp och reveteringstegel, det gav ett bra fäste för putsen (Björk, et al., 2009, s. 206).

Mellanbjälklaget är uppbyggt av golvbjälkar, vanligtvis dimensionen 4x9 tum (100x225 mm) och golvträ. Blindbotten består av en fyllning med kalkgrus och sågspån. Innertaket är av spräckpanel med rörning och puts. Rörning är ett underlag för puts, bestående av vassrör. Ett väggband är infällt i bjälklagets golvbjälkar och stöder på detta sätt upp den stående ytterväggen (Björk, et al., 2003, ss. 36–37).

Bottenbjälklaget är gjort av golvbjälkar cirka 4x9 tum (100x225 mm) och golvbrädor. Bjälkarna är inlaxade i syllen. Syllen är fuktisolerad mot grundmuren med hjälp av tjärpapp. Blindbotten är gjord av 1 tums brädor och har en fyllning av torvströ, kalkgrus eller sågspån (Björk, et al., 2003, ss. 36–37, 136; Björk, et al., 2009, s. 206).

2.3.5 Grundläggning

På berg utfördes grundläggningen av natursten, muren staplades direkt på berget. På fast eller halvfast mark gjorde man en utbottnings av stenar som man sedan lade naturstenen på. Grundläggning på lös mark kunde utföras med bjälkrust, vilket vanligtvis bestod av två lager stockar. Stockarna fogades samman med dymlingar. Bjälkrusten bäddades sedan in med lera. Om marken var mycket lös utfördes grundläggningen med hjälp av pålar. Pålarna var av trä och dess längd varierade mellan fyra till sju meter. Ovanpå pålarna placerades en bjälkrust som bäddades in i lera (Björk, et al., 2003, ss. 142–143; Thurell, 2005, ss. 63–64).

2.3.6 Torpargrund och mullbänk

De hustyper som tidigare nämnts utfördes till stor del med torpargrund, vilket var den dominerande husgrunden ända fram till 1960-talet. Torpargrunden har ett ventilerat utrymme

av varierande höjd mellan mark och bottenbjälklag. Stenar är staplade till en mur som går runt byggnaden under ytterväggen. Muren är försedd med ventilationsöppningar. Öppningarna kan vara försedda med järnluckor eller tråklossar. Dessa stängs under den torra och kalla vintern och öppnas under den varma och fuktiga sommaren. Detta gör att den fuktiga sommarluften ventileras ut ur grunden. Bjälklaget i dessa trähus har vanligen dålig värmeisolering, på grund av detta tillförs värme till marken och trycker tillbaka fukten i marken. Detta tillsammans med den stora skorstensstocken som också tillför stora värmemängder, skapas en funktion som gör att grundkonstruktionen klarar av fuktpåfrestning bättre (Björk, et al., 2003, ss. 142–143; Thurell, 2005, ss. 63–64; Nevander & Elmarsson, 2006, s. 206).

En annan typ av husgrund under denna tidsperiod var grundläggning med mullbänk. Det innebär att bottensyllen lades direkt på marken eller på en låg stengrund och tätades på baksidan med till exempel torv (Thurell, 2005, s. 62; Månsson & Malmborg, 2002, s. 54, 91).

2.3.7 Självdragsventilation

Ventilationen i byggnader från sekelskiftet 1800 till 1900 fungerar enligt den så kallade självdragsprincipen. Träbyggnaderna som byggts på 1800-talet och tidigt 1900-tal var otäta och uppvärmningen skedde med öppna spisar och eldstäder. Den självdragsventilation som dessa byggnader hade har många gånger rubbats och problem har uppstått när konstruktionerna byggts om eller gjorts tätare (Kaila, 1997, ss. 468–472; Hagentoft, 2002, ss. 66–67).

Principen med självdragsventilation är att inomhusluften värms upp och stiger, till exempel genom skorstenen eller via murade ventilationsschakt. Vinden utomhus kan dessutom dra med sig varm luft som kommer ut ur skorstenen. Den varma luften åker ut ur byggnaden och samtidigt kommer kallare luft in i huset genom otätheter, springor vid fönster eller dörrar samt via ventiler i fasaden. Detta på grund av det undertryck som skapas när den varma luften lämnar byggnaden. På detta sätt cirkulerar luften och ett konstant luftutbyte sker (Hagentoft, 2002, ss. 66–67).

En viktig sak att beakta är att ju större temperaturskillnaden är, desto effektivare blir luftutbytet. Därmed fungerar självdragsventilation bäst i byggnader som inte är täta. En nackdel med självdragsventilationen är dock att den är svår att kontrollera och styra. Dess funktion varierar med årstider, väder och vind. Till exempel om luftrörelserna är långsamma blir även självdragsventilationen långsam, om det är en vindstilla dag kan självdragsventilationen stå helt stilla (Månsson & Malmberg, 2002, ss. 139–140).



Figur 8. Självdragsventilation. Den röda pilen föreställer varm inomhusluft, de blåa pilarna är kall utomhusluft som kommer in i byggnaden via otätheter (USV Inomhusmiljö, 2017).

Som tidigare nämnts är svårigheten med självdragssystem att kunna styra luftväxlingen i byggnaden. Luftflödet i självdragsventilationen är beroende av rådande väderlek. Exempelvis kan luftflödet på vintern bli stort på grund av stor skillnad i temperatur inomhus och utomhus, vilket kan leda till komfortproblem i form av drag. På sommaren är däremot temperaturskillnaderna inomhus och utomhus små, vilket gör att ventilationsflödet i byggnaden blir litet. Idag byggs självdragsventilation sällan, ett vanligare förekommande ventilationssystem är hybridventilation. Denna ventilation är en blandning av självdragsventilation och någon typ av fläktstyrd ventilation. Det innebär att självdragsventilation utnyttjas under de perioder när det är möjligt och under övriga perioder används fläktstyrd ventilation (Faraguna, 2012, ss. 3, 63 – 65; Svensson, 2017).

2.3.8 Diffusionsöppen byggnad

Fukt produceras bland annat av människor, matlagning och tvätt. Denna fukt som uppstår inne i byggnaden vandrar tillsammans med luften ut ur byggnaden genom klimatskärmen. Detta kallas fuktkonvektion. En annan variant av fuktvandring är diffusion, vattenmolekyler

rör sig då från områden med hög ånghalt till områden med lägre ånghalt (Nevander & Elmarsson, 2006, ss. 257–270).

Fukten som konstruktionsdelarna utsätts för från luften inomhus måste kunna vandra ut ur konstruktionen, annars stannar fukten kvar i byggnadens delar och ger upphov till fuktskador. De fyra hustyper som tidigare nämnts är diffusionsöppna byggnader, det vill säga hus som ”andas”. Dessa hus är byggda på ett sådant sätt och med sådana material som möjliggör att fukt kan ta sig igenom konstruktionen. Byggnadens delar blir därmed inte fuktiga under en längre tid utan kan torkar upp. Dagens byggnader byggs däremot med material som är så täta att fukt inte kan ta sig igenom konstruktionens delar, utan genom ventilation förs fukten ut ur byggnaden (Puurunen, 2016, s. 7).

Luften som okontrollerat vandrar in eller genom klimatskärmen kan leda till en rad problem. Bland annat kan man uppleva att det drar längs anslutningen mellan yttervägg och golv. Detta leder till komfortproblem och försämrad energieffektivitet. Luft som kan sippra in från krypgrunden kan föra med sig dålig lukt, även avkylning och frysning av vattenrör eller kondensbildning mot kalla ytor kan uppstå. Det finns dock ett större problem än den invandrande fukten, nämligen den varma inomhusluften som okontrollerat rör sig ut ur byggnaden. Varm och fuktig luft kyls på vägen ut ur konstruktionen, när den varma luften kyls sker kondensation av vattenånga. Om detta sker i till exempel en yttervägg kan det leda till fuktskador i väggkonstruktionen, om fukten inte ges möjlighet att torka ut (Hagetoft, 2002, ss. 173–177).

3 Intervjuer

I inledningen av examensarbetet utfördes ett antal intervjuer med fackmän som på ett eller annat sätt arbetar med äldre byggnader och har kunskap om träkonstruktioner från 1800- och 1900-talet. Detta för att få en praktisk förståelse av dessa träkonstruktioners funktion och problematik. Intervjuerna har utförts med tre fuktsakkunniga, tre konstruktörer med erfarenhet av äldre byggnader, två byggnadsvårdsingenjörer, en byggnadsantikvarie och två hantverkare med erfarenhet av äldre byggnader. Datumen för dessa intervjuer var 28.9.2016, 29.9.2016, 3.10.2016, 5.10.2016 och 11.10.2016. Till intervjuerna hade ett antal frågor

förberetts, dessa användes som utgångspunkt för de diskussioner som skedde. Enligt de svar som framkom har en sammanfattning gjorts.

3.1 Sammanfattning av intervjuer

Den inledande frågan som ställdes till alla fackmän som blev intervjuade var varför trähus från slutet av 1800- och början av 1900-talet renoveras idag. De orsaker som framkom var bland annat slitage, bristfälligt underhåll, förändrad verksamhet av byggnad, önskan att skapa en modernare byggnad, behovet av modernisering för att uppfylla människans krav idag, öka energibesparingen av konstruktionen och närma sig dagens krav. Även förbättring av den termiska komforten som varit bristfällig på grund av drag samt tidigare renoveringar som utförts bristfälligt eller förändrat konstruktionens funktion, ansågs vara orsaker till renovering eller reparation av äldre trähus idag (Intervjuer, september och oktober 2016).

Skillnaden mellan äldre trähus och dagens moderna hus ansåg de intervjuade fackmännen är väldigt stor. Äldre trähus består av färre byggnadsmaterial, utgörs av enkla konstruktioner med få materialskikt. Exempelvis kan en yttervägg i ett äldre trähus bestå av endast trästomme med en inre och yttre panel, trästommens uppgift är inte bara att ge bärighet åt byggnaden utan också att ge byggnaden dess värmeisolering (Intervjuer, september och oktober 2016).

Idag kan en yttervägg bestå av en tjock mineralullsisolering samt flera andra materialskikt med olika funktioner. Moderna hus byggs täta och innehåller ofta oorganiska material, till exempel plast. Äldre trähus är av motsatsen, de är otäta, består av organiska material och är diffusionsöppna. Även grundläggningen av de äldre trähusen och dagens moderna hus skiljer sig avsevärt (Intervjuer, september och oktober 2016).

De vanligaste skadorna på äldre trähus upplevdes vara rötskadad syll, slitage av byggnad, skador på grund av läckage och bristande underhåll. Renovering som utförts på fel sätt eller med olämpliga material har förändrat konstruktionens funktion och gett upphov till bland annat mögel, dålig inomhusluft och kemisk nedbrytning av konstruktionens delar. Även byte av värmekälla är en vanligt förekommande åtgärd som förändrat funktionen i byggnaden. Kondens uppstår när delar av byggnaden som tidigare värmts upp av eldstaden upphävt. Ett argument som alla de intervjuade på ett eller annat sätt tog upp var hur förändring av byggnadens funktion och ventilation lätt kan ge upphov till skador i byggnadens delar.

Fackmännen som intervjuades poängterade också vikten av att noggrant reda ut vilken effekt en tänkt åtgärd kan ha på byggnaden (Intervjuer, september och oktober 2016).

För att uppnå fuktsäkerhet och samtidigt minska energiförlusten vid renovering av äldre trähus, ansåg de intervjuade att det inte enbart handlade om själva utförandet av renovering. Vid förebyggande av fukt i en byggnad är det viktigt att ta med fuktproblematiken redan i projekteringen. För att få ett så gott resultat som möjligt bör byggnadens byggt teknik, funktion och tillstånd först redas ut. Utredning av byggnadsteknik, fuktbelastning och övervägning av olika åtgärder bör noggrant göras. När renoveringen börjar skall projekteringen följas och noggrant arbete utföras. För att få ett bra resultat krävs ett gott samarbete mellan alla parter som medverkar i projektet (Intervjuer, september och oktober 2016).

Följderna av en bristfällig renovering, med fel metoder eller fel material ansåg de intervjuade kan ge upphov till fuktskador i byggnaden. Fukt som stängs in och inte kan torka upp kan ge upphov till rötskador, svamp, försämra människans hälsa och skapa en dålig inomhusmiljö. Även köldbryggor kan uppstå på grund av bristfällig renovering (Intervjuer, september och oktober 2016).

Slutligen diskuterades olika åtgärder av klimatskärmen för äldre trähus med beaktande av fuktsäkerhet och energibesparing. För att uppnå en bättre energibesparing av träbyggnaden var alla de intervjuade överens om att en tilläggsisolering av vindsbjälklaget är att föredra. Både invändig och utvändig tilläggsisolering av yttervägg var alternativ som framkom i intervjuerna. Det framkom även att tilläggsisolering av vägg kräver omfattande åtgärder som lätt påverkar väggkonstruktionens funktion. Mindre åtgärder som till exempel vindtätning med skivor eller enbart tätning av områden med drag ansågs som lämpligare åtgärder om fasaden inte var i behov av renovering. Åtgärder för bottenbjälklaget ansågs främst vara att tätta mot drag eftersom ingrepp i bottenbjälklaget kräver omfattande arbete. I diskussioner vad gäller materialval framkom att användningen av organiska material som till exempel cellulosa och träfiber skulle vara till fördel på grund av dess fukttekniska egenskaper och diffusionsöppna förmågor (Intervjuer, september och oktober 2016).

Sammanfattningsvis kan konstateras utifrån intervjuerna att modifiering av äldre trähus för att uppnå högre energieffektivitet lätt kan ge upphov till problem om den aktuella byggnadens funktion och tillstånd inte beaktas. Alla trähus är unika var för sig, därför är det

viktigt att utgå från den enskilda byggnaden, studera vilka förutsättningar och rimliga krav som kan ställas på den och anpassa sig därefter (Intervjuer, september och oktober 2016).

4 Byggfysik

4.1 Allmänt om fukt

Det finns några grundläggande fuktbegrepp som är viktiga att känna till. Detta kapitel inleds med att kort presentera dessa begrepp.

Fukthalt	Anger hur mycket vatten i kilogram som finns per kubikmeter i ett material.
Fuktkvot	Anger hur mycket vatten som finns i ett material i förhållande till mängden torrt material i kilogram.
Ånghalt	Den mängd vattenånga som finns i luften. Ånghalten mäts vanligen i kilogram vattenånga per kubikmeter fuktig luft (kg/m^3).
Mättnadsånghalt	Vid en given temperatur kan luften inte innehålla mer än en viss mängd vattenånga. Desto högre temperaturen är, desto mera vattenånga kan luften innehålla.
Absolut luftfuktighet	Berättar hur många gram vatten det finns i en kubikmeter luft.
Relativ luftfuktighet	Är kvoten mellan den aktuella ånghalten och den aktuella mättnadsånghalten, vid en viss temperatur.
Diffusion	Transport av vattenånga som uppstår på grund av skillnader i ånghalt.
Konvektion	Är vattenånga som transporteras med lufrörelser.

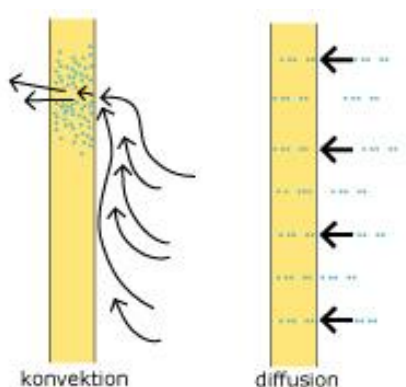
Fukt inomhus förekommer främst av värme-, luftfukt- och lufttrycksdifferenser över klimatskärmen. Dessa faktorer har stor inverkan på konstruktionens värme- och fukttekniska funktion. Även ånghalt, temperatur och lufttryck inomhus är betydelsefulla faktorer för konstruktionens fuktfunktion. Lufttrycket inomhus tillsammans med lufttrycket utomhus

skapar lufttrycksdifferens som i sin tur skapar luft rörelser med ånga genom klimatskärmen. Denna transport kan ge upphov till ogynnsamma effekter på byggnadens fukttekniska funktion (Petersson, 2013, s. 103).

Fukt utomhus uppstår bland annat av värme, strålning, vind och lufttrycksvariationer. Även nederbörd i form av snö, regn och luftfukt är fuktkällor som belastar byggnaden. Vid dimensionering och utformning av en byggnad måste därför hänsyn tas till dessa belastningar. Tillsammans påverkar dessa fuktkällor fuktillståndet i byggnadens yttre konstruktionsdelar. Fuktkällorna medför uttorkning och nedbrytning av konstruktionen, exempelvis skapar vinden luftströmning över byggnaden med varierande övertryck och undertryck över byggnadens klimatskärm. Dessa tryckskillnader skapar en drivkraft för luftläckage genom klimatskärmen, vilket påverkar byggnadens luftomsättning och ventilation. Utomhus belastar även värme och strålning byggnadens fasadmateriäl (Petersson, 2013, ss. 77–79).

4.1.1 Fuktransport

Transport av fukt kan ske i ångfas eller vätskefas. Fukt som transporteras i ångfas sker bland annat genom diffusion och fuktkonvektion. Fukt som transporteras i vätskefas sker genom drivkrafter, till exempel tyngdkraft, vattenövertryck, vindtryck och kapillära krafter (Nevander & Elamrsson, 2006, ss. 258).



Figur 9. Fuktkonvektion och diffusion (SVENSKT TRÄ, 2003).

4.1.2 Fukt och trä

Vatten är största orsaken till nedbrytning av trä. Det finns rinnande vatten och fukt som svävar i luften inom och runt byggnaden hela tiden. Läckage som får stå några år kan ge betydande rötskador på trämaterial. Den avgörande faktorn för nedbrytningens hastighet är mängden fukt och värme som träet utsätts för. Höga fukthalter skapar gynnsamma förhållanden för mögel och rötsvampar. Dessa lever till största del på den näring som finns i trävirke, vilket kan leda till att trävirket efter en tid blir helt nedbrutet (Olsson, 1994, ss. 22–23).

4.1.3 Fuktskador

Fukt kan ge upphov till en mängd olika skador i träkonstruktioner. Onormalt höga fukthalter skapar gynnsamma förhållanden för uppkomsten av bland annat mögel och rötsvamp. Fukt kan också påverka konstruktionens bärrighet och stabilitet. På grund av fukt kan träprodukter svälla, ruttna och i samband med frost ge upphov till frostsprängning. Andra exempel på skador som kan uppstå på grund av fukt är bland annat elak lukt och missfärgningar, organiska material som till exempel färg kan börja mögla. Fukt kan också ge upphov till hälsoproblem, till exempel överkänslighet och astma. Golvmattor som lossnar samt flagande tapet och färg är andra tecken på fuktproblem i byggnadens delar (Thurell, 2005, ss. 71–75; Månsson & Malmberg, 2002, ss. 182–185; Sandberg, et al., (u.å)).

Skador som uppstår på grund av fukt är ofta svåra att upptäcka. Det är viktigt att vara uppmärksam på små förändringar, använd luktsinnet samt gör försiktiga undersökningar med vassa föremål på misstänkta områden (Thurell, 2005, ss. 71–75; Månsson & Malmberg, 2002, ss. 182–185; Sandberg, et al., (u.å)).

4.2 Ångspärr och ångbroms

I en konstruktion kan ett ångtätt skikt placeras för att hindra vattenånga att vandra genom konstruktionen, detta skikt kallas ångspärr. Förhindras fuktvandringen minskar risken för bland annat diffusion och därmed även risken för fuktproblem i konstruktionen (Petersson, 2013, s. 142).

4.2.1 Ångspärr

En ångspärr hindrar eller minskar fukttransport i ångfas. Till funktionerna hör även att ge god lufttätet och hindra genomblåsning av konstruktionen. För att hindra transporten av vattenånga med strömmande luft, måste ångspärren ha ett stort ånggenomgångsmotstånd och vara lufttät. Ångspärren ska placeras på den varma sidan om värmeisoleringen. Placeras ångspärren på den kalla sidan av isoleringen kan det uppstå kondens och komplikationer i konstruktionen. En ångspärr kan bestå av till exempel polyetenfolie, byggfilm, byggpapp, luftspaltbildande plastskiva (Nevander & Elmarsson, 2006, ss. 43–44).

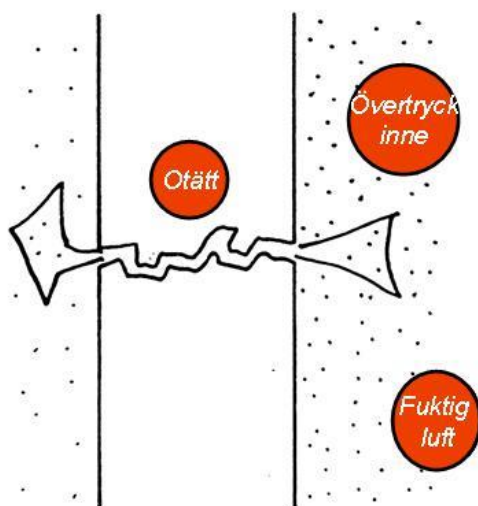
4.2.2 Ångbroms

Ångbroms är ett membran som bromsar upp fuktdiffusion. Ångbromsen minskar därmed varm och fuktig inomhusluft att tränga ut genom vägg eller bjälklag och kondensera. En ångbroms har lägre ånggenomgångsmotstånd i jämförelse med ångspärren och släpper genom en viss mängd fukt genom konstruktionen. En fördel med ångbromsen är att fukt i konstruktionen får möjlighet att torka ut, samtidigt som fuktvandring inifrån och ut bromsas upp. Ångbromsen kan därför vara ett lämpligare alternativ i jämförelse med ångspärr i byggnader som inte är täta (Andersson, et al., 2014).

4.3 Luftspärr

Luftspärrens uppgift är att hindra eller minska luftströmmar genom konstruktionen. Otätheter i byggnader gör att det uppstår ett okontrollerat luftläckage som kan försämra den termiska komforten, ge ökad energianvändning samt bidra till försämrat fuktskydd. Luftspärren behöver inte vara ångtät (Ståhl, et al., 2011, s. 35).

Lufttäthet har stor betydelse för fuktsäkerhet. Råder det övertryck inomhus strömmar den fuktiga inomhusluften ut genom otätheter i konstruktionen. Den fuktiga inomhusluften rör sig ut genom otätheter och möter kallare utomhusluft med mindre fukthalt, när detta möte sker kan kondens uppstå och leda till fuktproblem i konstruktionen (Petersson, 2003, s. 99).



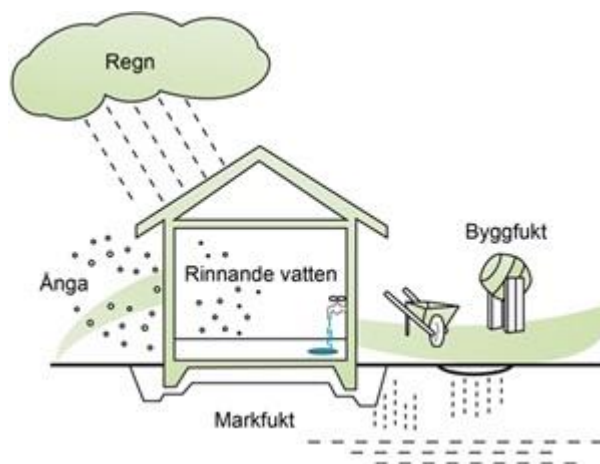
Figur 10. Fuktig inomhusluft vandrar ut genom konstruktionen (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, u.d.).

4.4 Klimatskärmen

Klimatskärmens uppgift är att skapa en god inomhusmiljö samt skydda byggnaden mot olika klimatbelastningar. Klimatskärmen ska därmed ge skydd mot fukt, värme, nederbörd, vind, hindra luftläckage genom byggnaden samt ge skydd mot tjäle (Petersson, 2009, ss. 23–27).

Fuktskyddet ska bestå av ett material eller materialskikt som ger byggnaden skydd mot både vattenånga och vatten. Fuktskyddet ska därmed hindra risken för fuktkonvektion, fuktdiffusion, kapillärsugning och byggfukt. Värmeskyddet ska bestå av ett värmeisolerande material som tillsammans med de övriga materialen i konstruktionen skapar en god värmeisolerande effekt. Skyddet ska minimera värmetransport i form av ledning, strålning och konvektion. Nederbördsskyddet är ett eller flera materialskikt på yttertak och yttervägg. Dess uppgift är att skydda konstruktionen från snö, slagregn och regn som kan tränga in och ge upphov till skador (Petersson, 2009, ss. 23–27).

Vindskyddet ska förhindra luft rörelser från vindtryck, det förebygger uppkomsten av värmeförluster i värmeisoleringsmaterialet. Luftläckageskydd ska hindra luftläckage genom konstruktionen och därmed förhindra risken för konvektion. Tjältskydd ska hindra förekomsten av skador på byggnaden på grund av tjällyftning i mark (Petersson, 2009, ss. 23–27).



Figur 11. Klimatskärmen och klimatbelastningar (Paroc AB, 2017).

5 Val av byggnadsmaterial vid renovering av äldre trähus

Valet av byggnadsmaterial har stor betydelse för renoveringens resultat och konstruktionens fortsatta funktion. De byggnadsmaterial som tillförs under renoveringen bör fungera tillsammans med byggnadens befintliga material. Det fördelaktigaste är att använda samma byggnadsmaterial som byggnaden är byggd av från början (Olsson, 1994, ss. 9–13).

Enligt Hannu Puurunen som skrivit Museiverkets reparationsanvisningar behövs inget ångtätt skikt av till exempel plastfolie, i äldre trähus. Användningen av naturliga byggnadsmaterial vid renovering av dessa byggnader anses vara till fördel eftersom dessa material tål en viss mängd fukt och möjliggör dessutom att konstruktionens diffusionsöppna funktion bibehålls. Detta tankesätt presenteras också av Panu Kaila i boken Talotohtori (1997). I diskussion med byggnadsingenjör och projektledare Christer Öhman framkom även att samma material som byggnaden är konstruerad av bör användas för att bibehålla den befintliga byggnadens funktion och beständighet. Nya lösningar och material bör undvikas. Öhman betonar också vikten av att inte använda syntetiska material, utan enbart använda naturliga byggnadsmaterial med likadana egenskaper som den befintliga

konstruktionens material har (Personlig kommunikation, 13.1.2017), (Puurunen, 2016, s. 8; Kaila, 1997, s. 539).

5.1 Byggnadsmaterial av trä och dess egenskaper

Trä är ett byggnadsmaterial som lämpar sig till många olika byggnadsdelar. Hus som byggts på slutet av 1800- och början av 1900-talet kan bestå av enbart trämaterial. Fasaden kan till exempel vara av träpanel, isolering av sågspån och stomme av plank. Till träets egenskaper hör bland annat hög hygroskopisk fukt och låg ångpermabilitet. Det gör trä till ett fukttrögt material, trä suger upp fukt och kan dessutom ta upp fukt direkt ur luften (Nevander & Elmarsson, 2006 s. 40).

5.2 Isoleringsmaterial

Det finns många olika isoleringsmaterial. Till de vanligaste syntetiska isoleringsmaterialen hör bland annat cellplast och mineralull av glasfiber eller stenull. Till de vanligt förekommande organiska isoleringsmaterialen hör bland annat träfiber och cellulosafiber (Petersson, 2013, ss. 145–152).

Vid val av isoleringsmaterial bör ett noga övervägande göras, att välja isoleringsmaterial enbart på dess tekniska egenskapers fördelar kan i värsta fall skada i konstruktionen. Det isoleringsmaterial som väljs ska ha sådana egenskaper som är lämpliga för konstruktionens övriga material och inte påverkar konstruktionens funktion (Kaila, 1997, s. 468).

5.2.1 Organiska isoleringsmaterial

De byggnadsmaterial som trähus från slutet av 1800- och början av 1900-talet är konstruerade av är naturliga material i olika former. Trä och träfiberprodukter som till exempel stock, brädor, träfiberskiva är naturliga byggnadsmaterial som andas. Dessa material har en god hygroskopisk förmåga att binda vatten och kan behålla sin värmeisolerande förmåga trots att de utsätts för fukt (Kaila, 1997, s. 470).

Träfiber- och cellulosafiberisolering förekommer både i lösull och i form av skivor. Isoleringsmaterialen är tillverkade av cellulosa, papper och träfiber. För att skydda mot röta,

mögel och insekter behandlas dessa isoleringsmaterial med borsyra (Kaila, 1997, ss. 506–507; Månsson & Malmberg, 2002, ss. 66–67; Ekofiber.se, 2016; Termex.fi, 2017).

Träfiber- och cellulosafiberisolering är isoleringsmaterial som har en god hygroskopisk förmåga att binda och uppta fukt, dessa material är också diffusionsöppna. En tilläggsisolering av träfiber eller cellulosa hindrar inte ångflödet av en diffusionsöppen konstruktion och är därmed ett lämpligt isoleringsmaterial i diffusionsöppna konstruktioner. Dessa isoleringsmaterial kräver ingen ångspärr av till exempel plastfolie, tack vare de fukttekniska egenskaper de har (Kaila, 1997, s. 470; Hagentoft, 2002, s. 173; Thermocell.se, 2014).

Vid Sveriges provnings- och forskningsinstitut i Borås har en undersökning av fukttillstånd i konstruktioner med cellulosaisolering jämförts med mineralullsisolering. Undersökningen påvisade att cellulosaisoleringen hade ett lägre fukttillstånd än mineralullen. Det visade sig att cellulosaisoleringens goda hygroskopiska förmåga dämpar höga fuktnivåer och dess lufttätet försvårar fuktkonvektion (Olsson, 2001).

5.2.2 Syntetiska isoleringsmaterial

Det finns många olika typer av syntetiska isoleringsmaterial att använda som värmeisolering. Några exempel på de vanligaste syntetiska isoleringsmaterialen är mineralull, stenull, glasull, polyuretancellplast (PUR), expanderande styrencellplast (EPS) och extruderad styrencellplast (XPS) (Petersson, 2013, ss. 150–152).

Mineralull är ett syntetiskt isoleringsmaterial som tillverkas av stenull, slaggull eller glasull. Mineralullens förmåga att transportera fukt är knapp, den kan jämföras med den förmåga stillastående luft har. Mineralull har stor porositet och långa avstånd mellan porerna, det gör att materialet knappt suger upp vatten och därmed har en låg hygroskopisk fukthalt (Nevander & Elamrsson, 2006, s.41).

Används mineralull som isoleringsmaterial krävs en konstruktion som är mycket tät mot luftrörelser och fukt, detta uppfylls till exempel med en ångspärr av plastfolie på värmeisoleringens varma sida. Saknas detta skikt börjar läckande luft genom konstruktionen tillsammans med den luft som finns på mineralullens varma sida stiga uppåt, samtidigt som luften på isoleringens kalla sida sjunker neråt. Detta skapar en cirkulerande luftrörelse i isoleringen som leder till att isoleringens värmeförmåga avtar. När den kalla och varma

luften möts uppstår kondens, det kan ge upphov till fuktproblem i konstruktionen eftersom mineralullen saknar förmåga att uppta och avge fukt. Fukten stannar därmed kvar i mineralullen utan möjlighet att ta sig därifrån (Thermocell.se, 2014; Bygginfo, 1980, ss. 19–30; Nevander & Elmarsson, 2006, p. 41).

6 Energiförbättring

Inom den Europeiska unionen står byggnaderna för 40 procent av den sammanlagda energianvändningen. Denna sektor expanderar och kommer att leda till en ökad energianvändning i framtiden. Därför har Europeiska unionen utarbetat ett direktiv för att främja en förbättring av energiprestanda i unionens byggnader, samtidigt har Sveriges regering en vision, att år 2050 ha en hållbar och resurseffektiv energiförsörjning.

Europaparlamentets och rådets direktiv om byggnadens energiprestanda har som målsättning att minska energianvändningen i byggnaden med 20 procent till år 2020. Sveriges regering har som mål att minska energianvändningen med 50 procent till år 2050. För att uppnå dessa mål ställs krav i nationella byggnadsreglerna. Kraven skall tillämpas på nybyggnad och beaktas vid förändring av befintliga byggnader. De krav som ställs i nationella byggreglerna bör beaktas och användas som riktvärden vid renovering av äldre trähus samtidigt som hänsyn tas till byggnadens förutsättningar och ändringens omfattning, utan att byggnadens värde äventyras (Boverkets byggregler, u.d.).

Dagens moderna byggnader och träbyggnader från sekelskiftet 1800 och 1900 skiljer sig åt både i byggteknik, material och funktion. Att tillämpa samma energibesparande krav på dessa två typer av byggnader kan därför ses som problematisk. Kraven för att minska byggnadens energianvändning påverkar inte bara äldre byggnaders energiprestanda, andra aspekter som kan påverkas är exempelvis det kulturhistoriska värdet av byggnaden. Även äldre träbyggnaders beständighet, inomhusmiljö och fuktsäkerhet kan påverkas (Ståhl, et al., 2014, ss. 7 – 13; Sveriges tredje nationella handlingsplan för energieffektivisering, 2014, ss. 31–32; Europaparlamentet, 2010/31/EU; Europaparlamentet, 2009/125/EG, 2010/30/EU, 2004/8/EG och 2006/32/EG).

6.1 Nuvarande krav och regler

Examensarbetet är gjort på uppdrag av Bjerking AB i Sverige, därför har de normer som gäller i Sverige studerats. I examensarbetet har de rekommendationer som ges i Boverkets byggregler använts som riktvärden vid de åtgärdsförslag som presenteras i bilaga 1. I beräkningsprogrammet DOF-Lämpö har åtgärdsförslagens U-värden jämförts med de U-värden som Boverkets byggregler rekommenderar.

Boverkets byggregler säger att byggnaden skall utformas på ett sådant sätt att konstruktionen eller utrymmet i byggnaden inte kan skadas av fukt och på så sätt påverka människans hälsa. Fuktsäkerhet bör därmed tas med i projekteringsskedet. Fukttillståndet i en byggnadsdel får inte överskrida det högsta tillåtna fukttillståndet. Detta fukttillstånd har uppnåtts när ett materials avsedda egenskaper och funktioner inte längre uppfylls (BBR, 2012).

Vid renovering, ombyggnation och tillbyggnader ger Boverkets byggregler i Sverige dessa eftersträvande U-värden för klimatsärmens delar:

- Tak: 0,13 W/m²K
- Vägg: 0,18 W/m²K
- Golv: 0,15 W/m²K

(BBR, 2012)

6.2 Hur mycket krävs för att komma upp till dagens nybyggnadskrav och hur påverkas byggnaden av tilläggsisolering

Skillnaden mellan dagens moderna byggnader och träbyggnader från sekelskiftet 1800 och 1900 är stor. Byggnaderna består av olika byggnadsmaterial, olika byggtekniker och fungerar på olika sätt. Exempelvis ett trähus från slutet av 1800-talet eller början av 1900-talet består av organiska material, byggnaden är diffusionsöppen och luft kan vandra genom byggnaden. Stor del av dagens hus byggs med syntetiska byggnadsmaterial och utförs som täta konstruktioner utan möjlighet för luft att röra sig genom konstruktionens delar (Hagentoft, 2002, s. 173; Kaila, 1997, s. 470).

För att öka energieffektiviteten i äldre byggnader krävs en ökad värmeisolering. Detta förbättrar energieffektiviteten samtidigt som konstruktionens dimensioner ökar och den fukttekniska funktionen förändras. Vid användning av nya effektivare isoleringsmaterial ändrar därmed konstruktionens fukttekniska, konstruktiva och brandtekniska funktion. Även påkänningar vid infästningar som går igenom lagret av isolering ökar och leder till större inverkan av köldbryggor. (Lahdensivu, et al., 2012)

För att få en inblick i hur mycket värmeisolering konstruktionsdelarna av ett äldre trähus skulle tänkas kunna behöva, har beräkningsprogrammet DOF-Lämpö använts för att beräkna det befintliga U-värdet för objekt Farstavikens skola.

I beräkningarna framkom att objektets yttervägg, bestående av yttre träpanel, papp, stående plank, och invändig panel har ett ungefärligt U-värde på $0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$. Boverkets byggregler anger $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ som eftersträvarsvärt U-värde. För att kunna uppnå detta värde krävs omfattande åtgärder av det aktuella objektet. I detta fall bör ytterväggen enligt prövning i DOF-Lämpö tilläggsisoleras med ungefär 200 mm för att uppnå det rekommenderade U-värdet.

Objektets vindsbjälklag består av golvträ, golvreglar, en fyllning av sågspån och blindbotten. Denna konstruktionsdel gav ett U-värde på ungefär $0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$, U-värdet skulle därmed behöva minska med ungefär tre fjärdedelar för att uppnå det rekommenderade U-värdet. För att uppnå detta krävs en tilläggsisolering på minst 400 mm enligt prövning i beräkningsprogrammet DOF-Lämpö.

Bottenbjälklaget hade ett U-värde på ungefär $0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$, enligt beräkningsprogrammet DOF-Lämpö skulle bottenbjälklagen behöva en 300 mm tjock tilläggsisolering för att uppnå rekommendationerna i nationella byggreglerna.

För att uppnå rekommendationerna som nationella byggreglerna presenterar på ett trähus från förra sekelskiftet kräver omfattande åtgärder. Åtgärder som är kostsamma, äventyrar det kulturhistoriska värdet samt påverkar träbyggnadens funktion och fuktsäkerhet. Att uppnå dessa krav utan att påverka den äldre träbyggnaden kan därmed anses vara en väldigt svår uppgift.

6.3 Konsekvenser av ökad energibesparing

Det finns många olika åtgärder för att minska energiförlusterna i en byggnad och öka dess energieffektivitet. De energibesparande åtgärderna för inte bara med sig positiva följder, dessa åtgärder kan även ge upphov till negativa konsekvenser och förkorta byggnadens livslängd (Ståhl, et al., 2011, ss. 15–16).

Valet av åtgärd och utförandet av åtgärden måste noga utredas. Fel åtgärd eller bristfälligt utförande av åtgärd kan leda till att energibesparingen av byggnaden uteblir. Exempel på detta är bland annat fel dimensionerat uppvärmningssystem eller slarvigt utfört arbete av tilläggsisolering. Även fuktskador kan uppstå på grund av energieffektiviseringsåtgärder. Exempelvis kan en invändig tilläggsisolering ge upphov till stora temperaturskillnader i konstruktionens delar, det kan leda till uppkomsten av fukt inne i konstruktionen (Ståhl, et al., 2011, ss. 15–16).

Energieffektiviseringsåtgärder ökar även risken för försämrad inomhusmiljö. Till exempel om konstruktionens täthet förbättras försämras luftväxlingen i byggnaden och kan skapa sämre luftkvalité. En annan faktor som energibesparande åtgärder påverkar är det kulturhistoriska värdet. Ett exempel på detta är när en byggnad tilläggsisoleras på utsidan. Fönster och dörrar hamnar längre in i fasaden, vilket förändrar byggnadens utseende (Ståhl, et al., 2011, ss. 15–16).

7 Resultat och diskussion

Resultatet av detta examensarbete blev olika åtgärdsförslag vid renovering av Farstavikens skola samt fördjupad kunskap om fuktsäkerhet, energieffektivisering och träbyggnader från förra sekelskiftet. Genom litteraturstudier, diskussioner och beräkningsprogrammet DOF-Lämpö har jag etablerat möjliga åtgärdsförslag med reflektioner över hur dessa åtgärder kan påverka konstruktionen och dess funktion. Resultatet rent konkret är olika åtgärdsförslag, se bilaga 1. Denna bilaga presenterar åtgärdsförslag för yttervägg, vindsbjälklag och bottenbjälklag utgående från litteraturstudier och diskussioner, samt de för- och nackdelar som de olika åtgärdsalternativen har. Till åtgärdsförslagen finns analys av temperatur och fuktförhållande, se bilaga 2. Användaren av detta examensarbete skall kunna bekanta sig

med vilka möjliga åtgärder som finns vid renovering av äldre trähus från förra sekelskiftet och vilka för- och nackdelar dessa åtgärder kan ha på konstruktionen.

7.1 Diskussion

Detta examensarbete har varit intressant och lärorikt. Jag har fått nya insikter i äldre byggteknik och byggfysik gällande stolpverk- och plankhus samt en ny insikt att det inte finns några enkla, allmängiltiga lösningar för denna typ av renovering. Jag inledde arbetet med litteraturstudier om äldre byggteknik och träbyggnadens funktion samt gjorde intervjuer för att få grepp om ämnet.

Utbudet av information har varit stort och jag har påträffat många källor med motstridiga uppgifter. Utmaningen med detta examensarbete har därmed varit att kort och koncist skapa ett dokument som tydligt presenterar åtgärdsförslagets för- och nackdelar samt problematiken som kan uppstå vid val av åtgärd.

I mina diskussioner med fackmän och granskning av facklitteratur framkommer att lösningar med plastfolie är svåra att utföra i äldre trähus. Plastfolien är lätt att punktera och svår att få tät vid anslutningar. På Bjerking ansågs de åtgärdsförslag som är diffusionsöppna vara till fördel, eftersom dessa material har egenskaper som påminner om den befintliga konstruktionens material och inte äventyrar dess funktion.

Tilläggsisolering på insida yttervägg bevarar det kulturhistoriska värdet av konstruktionen. Dock blir stommen kallare och köldbryggor förstärks, därmed ökar risken för fuktproblem i väggkonstruktionen. Med en utvändig tilläggsisolering uppnås bättre förhållanden i konstruktionen, nackdelen är dock att det kulturhistoriska värdet förvanskas. Alla åtgärder har därmed sina för- och nackdelar. Det finns ingen klar lösning utan man måste utgå från den specifika konstruktionen och dess förutsättningar (kulturhistoriska värde kontra funktionalitet) och noga överväga vilka åtgärder som är möjliga samt försöka reda ut vilka effekter dessa åtgärder kan ha på den specifika konstruktionen. Används icke täta åtgärder förändras inte konstruktionens funktion avsevärt, vilket har stöd i litteratur. Används däremot ett åtgärdsförslag som skapar en tät konstruktion hindras den befintliga konstruktionens diffusionsöppna funktion. Ett åtgärdsförslag som tillför den befintliga konstruktionen organiska material har likadana egenskaper som de material den befintliga konstruktionen består av och borde därmed inte påverka konstruktionens funktion. Används

däremot icke organiska material (t.ex. plastfolie och mineralull) med egenskaper som inte den befintliga konstruktionens material har kan den befintliga konstruktionens funktion påverkas.

Av de åtgärdsförslag som jag presenterar skulle jag välja alternativet att byta ut den gamla isoleringen i vinds- och bottenbjälklaget till träfiberisolering. Detta för att uppnå ett varmare bjälklag som inte skulle förändra den diffusionsöppna funktionen. Ytterväggen skulle jag ge en utvändig tilläggsisolering med träfiberisolering, det skulle ge en varm stomme och inte påverka den befintliga konstruktionens funktion. Dock skulle det kulturhistoriska värdet gå förlorat. Alternativet vore att bara försöka täta ytterväggen mot drag och isolera bjälklagen med träfiberisolering. Genom att förbättra isoleringen i bjälklagen uppnås ökad energibesparing och tätning av väggar minska upplevelsen av drag, detta skulle bevara byggnadens kulturhistoriska värde och följa det tankesätt som byggnaden är konstruerad med.

Avslutningsvis vill jag ge ett stort tack till Leif Östman för handledning under examensarbetets gång samt till byggnadsingenjörerna Magnus Jonsson och Markus Lagerwall på Bjerking AB för många intressanta diskussioner och all den kunskap de bidragit med. Jag vill även tacka Christer Öhman för en intressanta och lärorik diskussion samt alla de som deltagit i de intervjuer jag gjort.

Litteraturförteckning

Adolfi Bengt, 2016. *Byggnadsingenjör* [Intervju] (3 10 2016).

Andersson, C. o.a., 2014. *Energimyndigheten*. [Online]

Available at: <https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=2829>

[Använd 17 01 2017].

BBR, B. b., 2012. *Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler. Föreskrifter och allmänna råd. Avsnitt 9.92.. u.o.:u.n.*

BBR, B. b. 2., 2012. *Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler. Föreskrifter och allmänna råd. Avsnitt 6.5.. u.o.:u.n.*

Berg, S., 2009. *Byggteknik, Byt4, stommar av betong, trä och stål och byggnadens klimatskydd*. Stockholm: Lärnö AB.

Bjerking, S.-E., 1974. *Ombyggnad. Hur bostadshusen byggdes 1880-1940..* Stockholm: Statens institut för byggforskning.

Björk, C., Kallstenius, P. & Rappen, L., 2003. *Så byggdes husen 1880-2000*. 5 red. Stockholm: Formas förlag.

Björk, C., Kallstenius, P. & Reppen, L., 1988. *Sekelskiftets byggteknik*. 3 red. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Björk, C., Nordling, L. & Reppen, L., 2009. *Så byggdes villan*. 2 red. Värnamo: Författarna och forskningsområdet Formas.

Boverkets byggregler, u.d. *PBL Kunskapsbanken. En handbok om plan- och bygglagen*. [Online]

Available at: <http://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/lov--byggande/krav-pa-byggnadsverk-tomter-mm/andring-av-byggnader/tillampning-av-kraven-vid-andring-av-byggnader/>

[Använd 25 3 2017].

Burström, P. G., 2001. *Byggnadsmaterial; Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Lund: Studentlitteratur.

Bygginfo, 1980. *Rätt i bygget. Värmeisolering, täthet, ventilation..* Stockholm: Bygginfo skolan.

Byggvarulistan.se, 2016. *Byggvarulistan*. [Online]

Available at: <http://www.byggvarulistan.se/guider/golvlaggarguiden>

[Använd 15 09 2016].

Ekofiber, 2016. *Ekofiber isolering*. [Online]

Available at: www.ekofiber.se

[Använd 19 12 2016].

Europaparlamentets och rådets direktiv om byggnadens energiprestanda. 2010/31/EU,

2010. *Europaparlamentets och rådets direktiv om byggnadens energiprestanda..* [Online]

Available at: [http://eur-lex.europa.eu/legal-](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=SV)

[content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=SV](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=SV)

[Använd 10 2 2017].

Europaparlamentets och rådets direktiv om energieffektivitet, om ändring av direktiven

2009/125/EG och 2010/30/EU och om upphävande av direktiv 2004/8/EG och

2006/32/EG, 2012. *Europaparlamentets och rådets direktiv om energieffektivitet, om*

ändring av direktiven 2009/125/EG och 2010/30/EU och om upphävande av direktiv

2004/8/EG och 2006/32/EG. [Online]

Available at: [http://eur-lex.europa.eu/legal-](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=SV)

[content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=SV](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=SV)

[Använd 10 2 2017].

Faraguna, C., 2012. *Självdraagsventilation i flerbostadshus*, Lund: Lunds tekniska

högskola, Institutionen för bygg- och miljöteknologi.

Gyproc, 2010. *Gyproc handbok*. 1 red. Bålsta: Gyproc AB.

Hagentoft, C.-E., 2002. *Vandrande fukt, strålande värme*. Lund: Studentlitteratur AB.

Haglund Pia, Lindberg Lars, Dellbeck Johan & Laine Sakari, 2016. *Byggnadsingenjör,*

projekt- och byggledare, byggnadsantikaverie, bygg- och installationsledare [Intervju] (5

10 2016).

Harmin, G., 1996. *Byggteknik. Del A: Husbyggnad*. Göteborg: AMG Harmin.

Isover, 2017. [Online]

Available at: <http://www.isover.se/isolera-yttervagg-utifran-med-tva-lager-isolering>

[Använd 5 2 2017].

Jansson Anders, 2016. *Fuktsakkunnig* [Intervju] (28 9 2016).

Jonsson Magnus, 2016. *Byggnadsingenjör* [Intervju] (29 9 2016).

Kaila, P., 1997. *Talotohtori*. Porvoo: WSOY-Kirjanpainoyksikkö.

Krakenberger, G., 1996. *Fukt. En handbok i anslutning till Boverkets byggregler..*

Stockholm: AB Svensk byggtjänst.

Lagerwall Markus, 2016. *Byggnadsingenjör* [Intervju] (29 9 2016).

Lahdensivu, J. o.a., 2012. *Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita*, Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Rakennustekniikan laitos.

Levande hus, u.d. *Ett idemagasin för husägare. Isover.se*. [Online]

Available at: Isover.se

[Använd 1 10 2016].

Lidgren, C., 1987. *Fukt- och mögelinventering av småhus i Hässleholms kommun*, Lund: Examensarbete: Tekniska Högskolan i Lund.

Månsson, J. & Malmberg, A. a., 2002. *Trähus, En handbok*. 1 red. Stockholm: Prisma Bokförlag.

Nevander, L. E. & Elmarsson, B., 2006. *Fukthandbok*. Tredje red. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.

Nielsen , J., Stensgård, S., Wagner, J. & Svendsen, P., 2007. *Gör det själv lexikon, isolering och ventilation*. 1 red. u.o.:Bonnier Publications .

Nyholm Martin, 2016. *Byggnadsingenjör* [Intervju] (5 10 2016).

Odén, P., 2010. *Tilläggsisolering av timmerstommar med alternativa isoleringsmaterial*,

Göteborg: Uppsats för avläggande av högskoleexamen i kulturvård, Bygghantverk:

Göteborgs universitet.

Olsson, L. E., 1994. *Gamla Hus. Undesöka och åtgärda..* Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.

Olsson Per, 2016. *Hantverkare* [Intervju] (29 9 2016).

Olsson, L., 2001. Torra tak. *Bygg och teknik*, 10 01, pp. 17-22.

Paroc AB, 2017. *PAROC*. [Online]

Available at:

<http://www.paroc.se/knowhow/energieffektivisering/byggnadskonstruktion/klimatskarmen-varme-lufttathet-och-fukt>

[Använd 4 4 2017].

Petersson, B.-Å., 2009. *Byggnadens Klimatskärm*. 1 red. Lund: Studentlitteratur AB.

Petersson, B.-Å., 2013. *Tillämpad byggfysik*. 5 red. Lund: Studentlitteratur AB.

Puurunen, H., 2016. *Museiverket*. [Online]

Available at: <http://www.nba.fi/fi/File/2111/korjauskortti-2.pdf>

[Använd 30 3 2017].

Samuelson, I., Arfvidsson, J. & CHagentoft, C.-E., 2007. *Få bukt med fukt*. Stockholm: Forskningsområdet Formas.

Sandberg, P. I., Mjörnell, K. & Sikander, E., (u.å). *Fuktsäkerhet.se*. [Online]

Available at: <http://fuktsakerhet.se/sv/fukt/Sidor/default.aspx>

[Använd 4 11 2016].

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, u.d. *Fuktsäkra byggnader*. [Online]

Available at: <http://fuktsakerhet.se/sv/luft/konsekvens/Sidor/default.aspx>

[Använd 17 1 2017].

Ståhl, F., Lundh, M. & Ylmen, P., 2011. *SP Rapport. Hållbar och varsam renovering och energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader. En förstudie.*, u.o.: SP Sveriges Tekniska Foskningsinstitut.

Stål, F., Thorbjörn, G. & Sikander, E., 2014. *Energibesparingspotential och byggnadsfysikaliska konsekvenser vid energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945.*, Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Sunvissin Peter & Storm Larry, 2016. *Fuktsakkunnig* [Intervju] (11 10 2016).

SVENSKT TRÄ, 2003. *TräGuiden*. [Online]

Available at: <http://www.traguiden.se/om-tra/byggfysik/fukt/fukt/fukttransport-och-fuktupptagning/>

[Använd 8 11 2016].

Svensson, G., 2017. *Arbetsmiljöverket*. [Online]

Available at: <https://www.av.se/inomhusmiljo/luft-och-ventilation/fordjupning-om-luft-och-ventilation/#1>

[Använd 20 4 2017].

Sveriges tredje nationella handlingsplan för energieffektivisering, 2014. *Bilaga till regeringsbeslut 2014*. [Online]

Available at:

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Sweden_NEEAP_2014_SE%202-84.pdf

[Använd 10 2 2017].

TASS Takstol-specialisten AB, u.d. [Online]

Available at: <https://www.tass.se/takstolar/takstolsmodeller/>

[Använd 18 10 2016].

Termex, 2017. [Online]

Available at: www.termex.fi

[Använd 30 1 2017].

Thermocell, 2014. [Online]

Available at: www.thermocell.se

[Använd 5 1 2017].

Thurell, S., 2005. *Vårda och renovera trähus*. 1 red. Stockholm: Natur och kultur, allmänlitteratur.

USV Inomhusmiljö, 2017. [Online]

Available at: <https://usv.se/produkt/ventilation-sjalvdrag-har-du-hus-med-sjalvdragsventilation-och-elradiatorer/>

[Använd 10 1 2017].

Åtgärdsförslag för renovering av trähus från förra sekelskiftet

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
2	Objekt Farstavikens skola.....	2
2.1	Kort byggnadsbeskrivning av de befintliga byggnaderna	4
2.2	Skärning av vindsbjälklag.....	5
2.3	Skärning av yttervägg	5
2.4	Skärning av bottenbjälklag	6
3	Vindsbjälklag.....	6
3.1	Uppbyggnad.....	6
3.2	Varför renovera vindsbjälklaget?.....	7
3.3	Problematik med isolering av vindsbjälklag.....	7
3.4	Åtgärdsförslag 1, ny isolering av mineralull, plastfolie och gipsskiva.....	8
3.4.1	Principer, problem och risker	9
3.4.2	Analys av fukt och värme i konstruktionen.....	10
3.5	Åtgärdsförslag 2, ny isolering av mineralull samt plastfolie	11
3.5.1	Principer, problem och risker	12
3.5.2	Analys av fukt och värme i konstruktionen.....	12
3.6	Åtgärdsförslag 3, tilläggsisolering av träfiberull på den befintliga värmeisoleringen	13
3.6.1	Principer, problem och risker	14
3.6.2	Analys av fukt och värme i konstruktion	14
3.7	Åtgärdsförslag 4, ny isolering av träfiber	15
3.7.1	Principer, problem och risker	16
3.7.2	Analys av fukt och värme i konstruktion	16
3.8	Åtgärdsförslag 5, isolering under vindsbjälklag	17
3.8.1	Principer, problem och risker	18

Bilaga 1

3.8.2	Analys av fukt och värme i konstruktion	18
3.9	Tätning och ventilation av vindsbjälklag.....	19
4	Yttervägg	20
4.1	Uppbyggnad.....	20
4.2	Varför renovera ytterväggen?	20
4.3	Problematik.....	20
4.3.1	Problematik med invändig tilläggsisolering	21
4.3.2	Problematik med utvändig tilläggsisolering	22
4.3.3	Problematik med ångtäta skikt	23
4.4	Åtgärdsförslag 1, utvändig tilläggsisolering med mineralull.....	24
4.4.1	Principer, problem och risker	25
4.4.2	Analys av fukt och värme i väggkonstruktion.....	26
4.5	Åtgärdsförslag 2, utvändig tilläggsisolering med träfiberisolering	27
4.5.1	Principer, problem och risker	28
4.5.2	Analys av fukt och värme i väggkonstruktion.....	28
4.6	Åtgärdsförslag 3, invändig tilläggsisolering med mineralull i två skikt.....	29
4.6.1	Principer, problem och risker	30
4.6.2	Analys av fukt och värme i väggkonstruktion.....	30
4.7	Åtgärdsförslag 4, invändig tilläggsisolering av träfiber	31
4.7.1	Principer, problem och risker	32
4.7.2	Analys av fukt och värme i väggkonstruktion.....	32
4.8	Åtgärdsförslag 5, invändig tilläggsisolering med tunn träfiberisolering	33
4.8.1	Principer, problem och risker	34
4.8.2	Analys av fukt och värme i väggkonstruktion.....	34
4.9	Åtgärdsförslag 6, tilläggsisolering på insida och utsida vägg.....	35
4.9.1	Principer, problem och risker	36
4.9.2	Analys av fukt och värme i väggkonstruktion.....	36
5	Bottenbjälklag.....	37

Bilaga 1

5.1	Uppbyggnad.....	37
5.2	Varför renovera bottenbjälklaget?	37
5.3	Problematik.....	37
5.4	Åtgärdsförslag 1, ny isolering av träfiberull	39
5.4.1	Principer, problematik och risker	39
5.4.2	Analys av fukt och värme i konstruktion	40
5.1	Åtgärdsförslag 2, ny isolering av mineralull samt plastfolie	41
5.1.1	Principer, problematik och risker	42
5.1.2	Analys av fukt och värme i konstruktion	42
5.2	Åtgärdsförslag 3, impregnerad träfiberskiva	43
5.2.1	Principer, problematik och risker	44
5.2.2	Analys av fukt och värme i konstruktion	45
5.3	Åtgärdsförslag 4, tilläggsisolering under bjälklag	46
5.3.1	Principer, problematik och risker	46
5.3.2	Analys av värme och fukt i konstruktionen.....	47
5.4	Krypgrund.....	48
6	Sammanfattning.....	50
	Litteraturförteckning.....	51

1 Inledning

Vid renovering av äldre trähus från sekelskiftet är det viktigt att utgå från det specifika objektet i fråga och noga överväga valet av åtgärd. Om objektets förutsättningar och funktioner inte beaktas kan byggnadens beständighet och funktioner äventyras (Puurunen, 2016).

Denna bilaga presenterar alternativa åtgärdsförslag för tilläggsisolering och renovering av trähus från förra sekelskiftet. I denna bilaga tillämpas tre byggnader av Farstaviken skola. Dessa byggnader är utförda på slutet av 1800-talet och i början av 1900-talet och är av metoden stolpverk- och plankhus.

Texten är indelad enligt konstruktionsdelarna vindsbjälklag, yttervägg och bottenbjälklag. Inledningsvis presenteras den befintliga konstruktionsdelen och den problematik som kan uppstå vid åtgärd. Därefter presenteras olika åtgärdsförslag samt vilka för- och nackdelar dessa förslag har. Åtgärdsförslagen har diskuterats på teknikkonsultföretaget Bjerking AB tillsammans med byggnadsingenjörerna Magnus Jonsson och Markus Lagerwall. Det som framkommit i diskussionen, angående åtgärdsförslagets lämplighet i äldre trähus presenteras i samband med de olika åtgärdsförslagen.

Åtgärdsförslagen har även beräknats i beräkningsprogrammet DOF-Lämpö. För att få en bild av temperatur- och fuktförhållanden i den konstruktion som uppstår med de olika åtgärderna samt för att kunna jämföra resultaten med de U-värden som Boverkets byggregler rekommenderar vid förändring av byggnad.

2 Objekt Farstavikens skola



Figur 2. Gröna Villan.

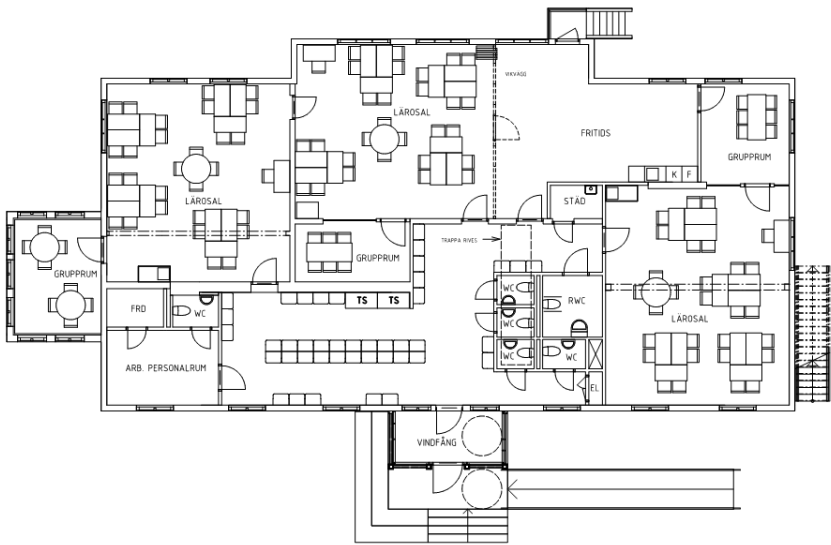


Figur 1. Gula Villan.

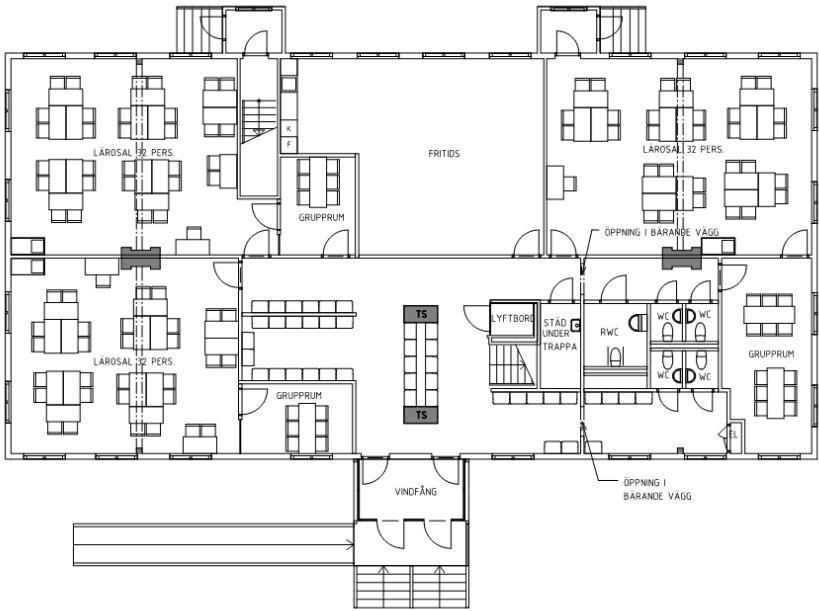


Figur 3. Röda Villan.

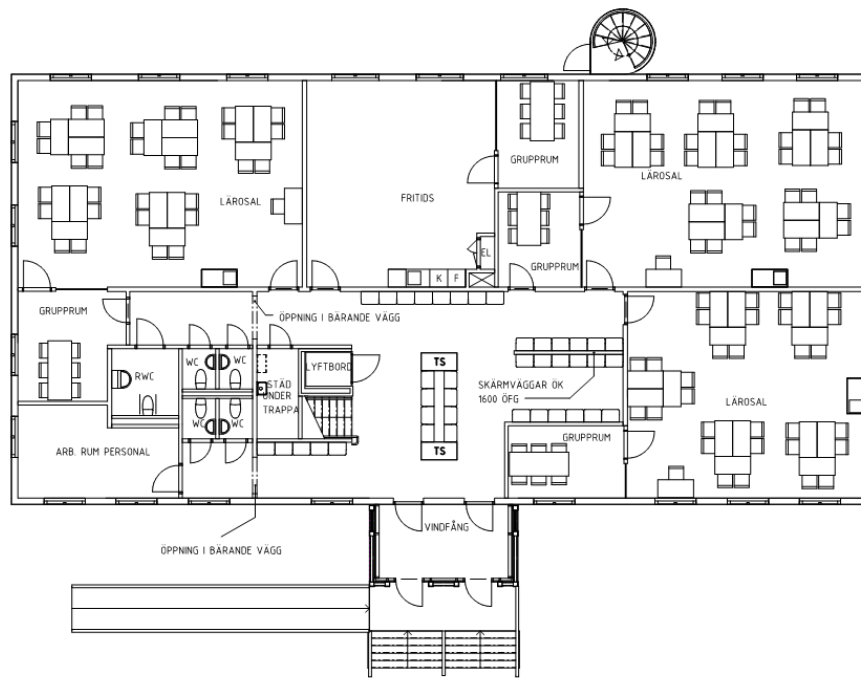
Farstavikens skola i Gustavsberg består av bland annat tre stycken träbyggnader som ska renoveras. Dessa byggnader benämns Gula Villan, Gröna Villan och Röda Villan. Byggnaderna är uppförda år 1884, 1903 och 1915. Byggnadstekniken är av stolpverks- och plankhus. Några av orsakerna till varför byggnadernas ska renoveras är fukt- och luktproblem, spår av skadedjur, dålig inomhusmiljö på grund av många lager av ytskikt, rötskadad fasadpanel samt fuktproblem i krypgrund.



Figur 4. Planritning av Röda Villan.



Figur 5. Planritning av Gula Villan.



Figur 6. Planritning av Gröna Villan.

2.1 Kort byggnadsbeskrivning av de befintliga byggnaderna

Taket är ett sadeltak med betongpannor. Takstolarna är av trä, utformade som fackverk. Takstolarna vilar på yttervägg samt på pelar- och balk system.

Vindsbjälklaget består av bärande träbalkar, blindbotten, fyllning och golvbrädor.

Ytterväggen består av stående plank, yttre och inre träpanel med papp emellan.

Bottenbjälklaget är av bärande träbjälkar, blindbotten med fyllning av kutterspån och ett ytskikt av golvbrädor

Byggnaden är grundlagd på berg, med grundmurar av granit. Under bottenbjälklaget är det krypgrund.

2.2 Skärning av vindsbjälklag

Vindsbjälklaget består av:

Golvträ

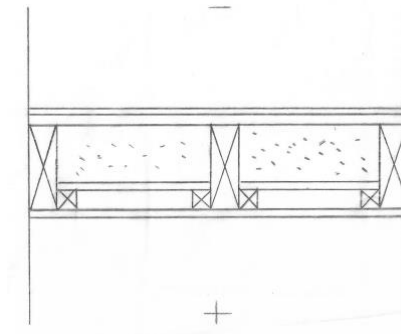
75x220 mm Golvreglar

150 mm Fyllning

20 mm Blindbotten

Panel

Enligt Boverkets byggregler rekommenderas ett U-värde på 0,13 W/m²K för vindsbjälklaget. Enligt beräkning i DOF-Lämpö får det befintliga vindsbjälklaget ett U-värde på 0,44 W/m²K.



Figur 7. Skärning av byggnadens vindsbjälklag.

2.3 Skärning av yttervägg

Ytterväggen består av:

Yttre panel

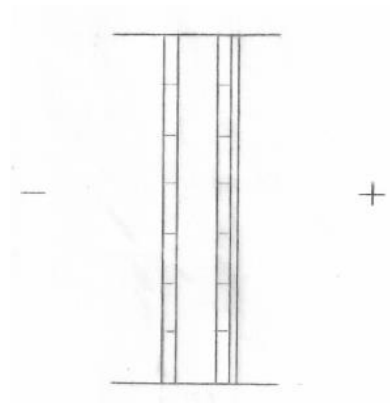
Asfaltpapp

80 mm Stående plank

Asfaltpapp

Inre panel

Enligt Boverkets byggregler rekommenderas ett U-värde på 0,18 W/m²K för vägg. Enligt beräkning i DOF-Lämpö får den befintliga väggen ett U-värde på 0,75 W/m²K.



Figur 8. Skärning av byggnadens yttervägg.

2.4 Skärning av bottenbjälklag

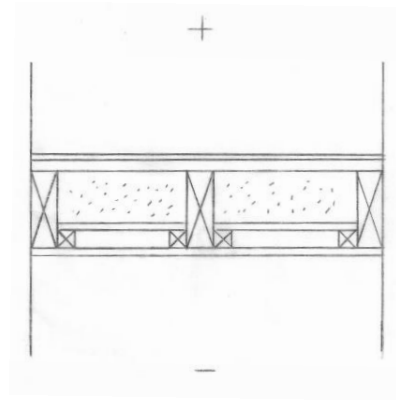
Bottenbjälklaget består av:

Golvträ

75x220 mm Golvreglar

150 mm Fyllning

Blindbotten



Figur 9. Skärning av byggnadens bottenbjälklag.

Enligt Boverkets byggregler rekommenderas ett U-värde på 0,15 W/m²K för golvbjälklag.

Enligt beräkning i DOF-Lämpö får det befintliga golvbjälklaget ett U-värde på 0,44 W/m²K.

3 Vindsbjälklag

3.1 Uppbyggnad

Det befintliga vindsbjälklaget består av:

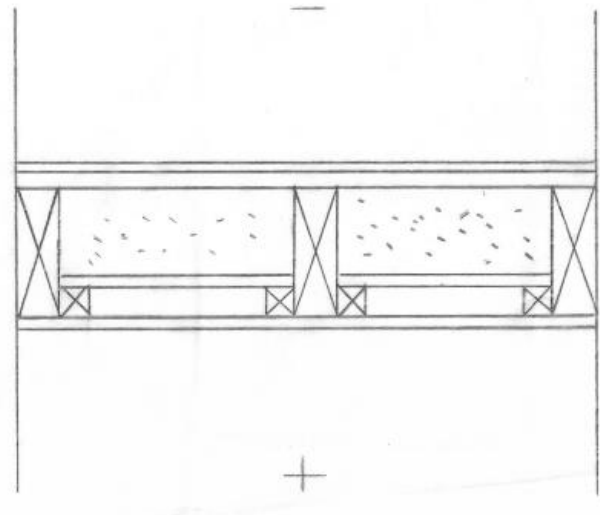
Golvträ

75x220 mm Golvreglar

150 mm Fyllning

20 mm Blindbotten

Panel



Figur 10. Befintligt vindsbjälklag.

3.2 Varför renovera vindsbjälklaget?

Genom att isolera och täta vindsbjälklaget uppnås största värmeinbesparingen av byggnaden i jämförelse med att isolera byggnadens ytterväggar eller golv. Utbyte av den gamla isoleringen eller tilläggsisolering av vindsbjälklaget minskar värmeförlusterna från byggnaden upp till vinden, undersidan av vindsbjälklaget blir varmare och den termiska komforten ökar (Ståhl. et al., 2011, s. 32).

En stor fördel med att tilläggsisolera vindsbjälklaget i jämförelse med till exempel väggarna är att det inte påverkar det kulturhistoriska värdet av byggnaden (Ståhl. et al., 2011, ss. 32–33).

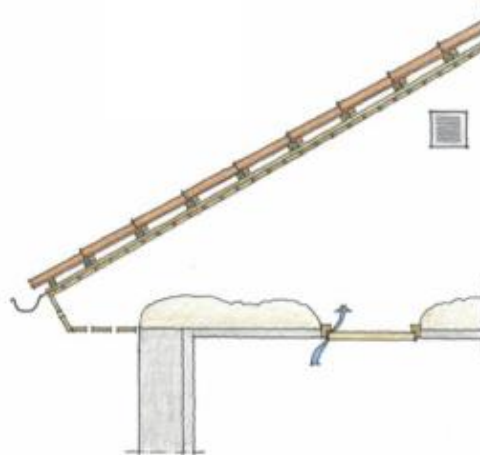
3.3 Problematik med isolering av vindsbjälklag

Något som är viktigt att beakta vid renovering av vindsbjälklag är att en tjockare isolering på vindsbjälklaget skapar ett kallare vindsutrymme. Desto mer isolering som placeras på vindsbjälklaget desto tätare blir det. Det leder till att det blir svårare för fukt att röra sig genom vindsbjälklaget med värmens och årstidernas växlingar. Kan fukt inte vandra genom konstruktionen och torka upp finns det risk för att fuktskador uppstår i vindsbjälklaget (Månsson & Malmberg, 2002, s. 67).

Med förbättrad isolering och täthet måste vinden ha god ventilation, om vindsutrymmet inte ventileras kan fukt inte ta sig ut ur byggnaden, vilket kan leda till fuktproblem. Vid takfoten bör en fungerande luftspalt finnas, som inte får täppas igen av isolering (Månsson & Malmberg, 2002, s. 66–67; Nevander & Elmarsson, 2006, ss. 99–100).

Speciellt under kalla årstider förekommer ett övertryck under tak på grund av skorstensverkan. När kall luft ute möter den varma luften som trycks ut inifrån byggnaden uppstår fuktkonvektion. Det är ofta orsaken till fuktskador i tak (Nevander & Elmarsson, 2006, s. 64).

Eftersom klimatet i vindsutrymmet blir kallare med förbättrad värmeisolering är det viktigt att skapa ett tätt vindsbjälklag som inte släpper igenom varm och fuktig luft. Alla genomföringar och anslutningar måste tätas noggrant. I äldre trähus rör sig även konstruktionen på grund av fukt- och temperaturvariationer det innebär att även skarv kommer röra sig och minska tätheten av vindsbjälklaget (Ståhl, et al., 20011, s. 33; Petersson, 2013, s.171).

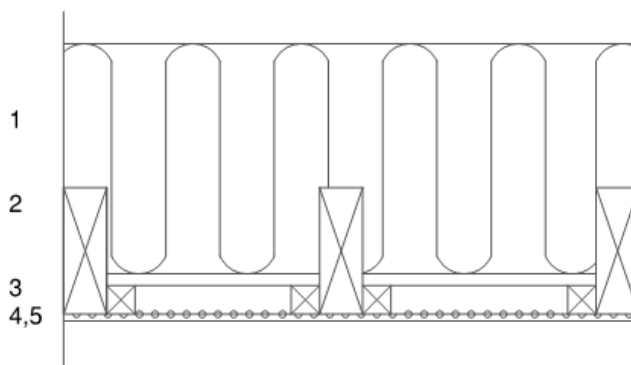


Figur 11. Luftläckage genom otät genomföring av vindsbjälklag (Fredrik, et al., 2014, p. 33).

3.4 Åtgärdsförslag 1, ny isolering av mineralull, plastfolie och gipsskiva

Detta åtgärdsförslag består av:

1. 400 mm Mineralull, lösull
2. 75x220 mm Befintliga golvreglar
3. Befintlig blindbotten
4. Plastfolie
5. Gipsskiva



Figur 12. Åtgärdsförslag 1.

Den befintliga värmeisoleringen av sågspån byts ut till 400 mm mineralull. Detta förbättrar vindsbjälklagets täthet och värmeisoleringsförmåga. Tjockleken på isoleringen rekommenderas vara mellan 250 till 450 mm tjock. Genom att välja en 400 mm tjock isolering i detta fall är risken för fuktproblem minimal (Andersson, et al., 2014, ss. 16–17; Månsson & Malmberg, 2002, s. 67).

För att mineralullen skall fungera effektivt i denna lösning krävs att vindsbjälklaget har god diffusions- och lufttäthet, därför placeras en ångspärr under blindbotten. Ångspärren av plastfolie installeras oavbruten längs med hela taket inne i byggnaden. Plastfolien fungerar effektivare desto närmare den varma sidan den är och placeras därför mellan blindbotten och

gipsskivan. Plastfolien stoppar den varma och fuktiga inomhusluften att ta sig upp till det kalla vindsutrymmet och förhindrar risken för kondens. Med ett tätt vindsbjälklag kan fukt ändå uppstå i vindsutrymmet, eftersom det alltid finns fukt i luft. Därför är det viktigt att vindsutrymmet ventileras genom till exempel ventilerade luftspalter, så att fukten inte stängs in utan kan torka ut (Harmin, 1996, ss. 58–66; Nevander & Elmarssin, 2006, s. 64; Andersson, et al., 2014, ss. 16–18).

Under plastfolien placeras en gipsskiva som tillsammans med plastfolien ger vindsbjälklaget ytterligare tätning och hindrar därmed konvektion och diffusion. Skulle det uppstå hål i plastfolien kan gipsskivan i bästa fall förebygga läckage genom vindsbjälklaget (Kaila, 1997, ss. 512–517).

Enligt diskussion med byggnadskonstruktörerna Magnus Jonsson och Markus Lagerwall på Bjerking AB anses detta åtgärdsförslag ha många nackdelar. Plastfolien kommer punkteras och därför vore ett alternativ att placera en läkt mellan plastfolien och skivan för att minska punkteringen av plastfolien. Ett annat alternativ skulle vara att byta ut plastfolien till byggpapp. Anslutningar till inner- och yttervägg är svåra områden att göra täta. Detta åtgärdsförslag skapar ett kallare vindsutrymme, byggnadskonstruktörerna på Bjerking AB anser därmed att det är viktigt att övervaka fukthalten i vindsutrymmet och kontinuerligt följa med dess tillstånd. Denna lösning påverkar också det kulturhistoriska värdet av byggnaden negativt, vackra dekorationer i tak kan förstöras eftersom innertaket måste tas ned för installation av plastfolie och gipsskiva (Diskussionsmöte vid Bjerking 27.1.2017).

3.4.1 Principer, problem och risker

Detta åtgärdsförslag skapar ett tätare och varmare vindsbjälklag som förändrar det befintliga bjälklagets funktion. Varm luft som tidigare kunnat röra sig genom vindsbjälklaget stoppas och därmed kommer ett kallare klimat uppstå på vinden. I underkapitel 3.3 behandlas problematik med isolering av vindsbjälklag mera ingående (Månsson & Malmberg, 2002, s. 67).

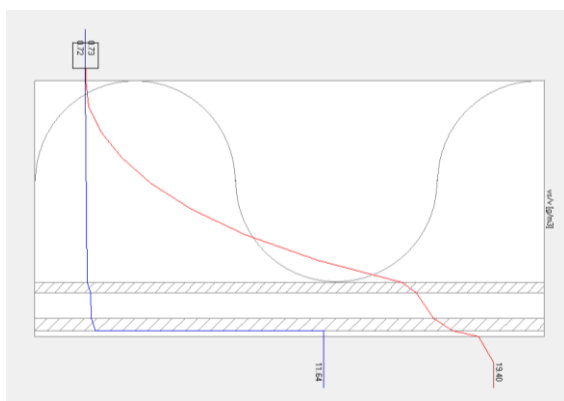
För att plastfoliens uppgift ska fungera ordentligt är det viktigt att den är tät, utan håligheter. Anslutningar och genomföringar i vindsbjälklaget måste vara noga tätade mot luftläckage. Att skapa en tät plastfolie kan dock vara väldigt svårt i detta fall. Det uppstår svårigheter vid anslutningar till väggar och tak. Dessutom måste gipsskivan fästas i vindsbjälklaget vilket

kommer att punktera plastfolien. Med denna lösning finns därmed risk för luftläckage genom plastfolien (Kaila, 1997, s. 502; Thurell, 2005, s. 78; Petersson, 2009, ss. 116–117; Ekofiber.se, 2016; Harmin, 1996, ss. 58–66).

Enligt Panu Kaila i boken Talotohtori bör mineralull undvikas i trähus, eftersom äldre trähus saknar syntetiska och lufttäta material. Mineralullens fukt beteende är annorlunda i jämförelse med de naturliga byggnadsmaterial som trähus består av. Om en konstruktion av trämaterial isoleras med mineralull krävs tätning mot ånga och luft rörelser, det förhindrar träs naturliga andning och förändrar funktionen av konstruktionen (Kaila, 1997, ss. 408–409, 538).

3.4.2 Analys av fukt och värme i konstruktionen

Enligt beräkningsprogrammet DOF-Lämpö får denna lösning ett U-värde på 0,12 W/m²K. U-värdet klarar därmed av de rekommendationer som Boverkets byggregler i Sverige rekommenderar. Beräkningsprogrammet DOF-Lämpö påvisar inga tecken på kondens i det nya vindsbjälklaget. Vid prövning i beräkningsprogrammet DOF-Lämpö visade det sig inte vara någon skillnad mellan en isoleringstjocklek på 300 mm och 400 mm, vad gäller fuktförhållanden i vindsbjälklaget. Resultatet som fås är baserat på en helt tät plastfolie, vilket är svårt att uppnå i praktiken och bör beaktas vid tolkning av resultat.

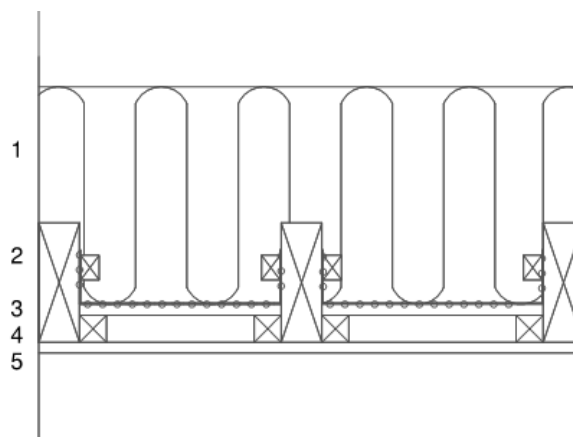


Figur 13. Analys av fuktförhållande för vindsbjälklag med mineralull, plastfilm och gipsskiva. Analysen visar inga tecken på kondens.

3.5 Åtgärdsförslag 2, ny isolering av mineralull samt plastfolie

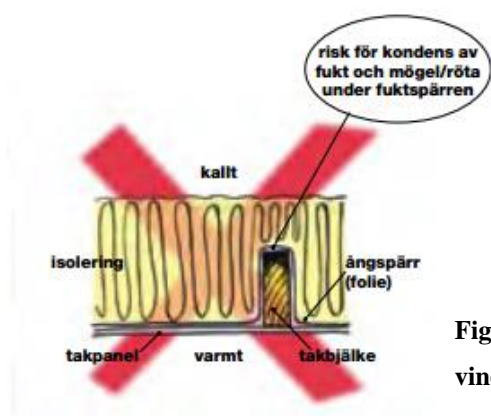
Detta åtgärdsförslag består av:

1. 400 mm Mineralull, lösull
2. 75x220 Befintliga golvreglar
3. Plastfolie
4. Befintlig blindbotten
5. Panel



Figur 14. Åtgärdsförslag 2.

Detta åtgärdsförslag består av en ny värmeisolering som är 400 mm tjock. Tjockleken på isoleringen har valts med samma utgångspunkt som vid det första åtgärdsförslaget. Mellan golvreglarna placeras en plastfolie. Plastfolien täcker inte över golvreglarna, utan fästs en bit upp på dem med hjälp av lister. Täcks golvreglarna med plastfolie riskerar reglarnas övre del för hög fuktbelastning och risk för kondensering under plasten kan uppstå. En fördel med att placera plastfolien mellan blindbotten och isoleringen är att det inte ger någon risk för punktering av plastfolien. En annan fördel med lösningen är att den inte kräver några ingrepp i rummens tak och påverkar därmed inte det kulturhistoriska värdet på insidan av byggnaden (Andesson, et al., 2014, s. 17).



Figur 15. Felaktig placering av ångspärr vid tilläggsisolering av vindsbjälklag (Andersson, et al., 2014, p. 17).

Enligt diskussion på Bjerking AB anses detta åtgärdsförslag vara svårt att uppnå med gott resultat. Praktiskt är arbetet svårt att utföra, det är svårt att få plastfolien tät vid anslutningar och längs golvreglarna. Även ojämnheter i underlaget och sprickor försvårar arbetet.

Användningen av plastfolie i gamla trähus anses inte vara någon god lösning, eftersom plastfolien hindrar konstruktionens andning. En fördel med denna lösning är den ökade tätheten bjälklaget får (Diskussionsmöte vid Bjerking 27.1.2017).

3.5.1 Principer, problem och risker

Lösningen förändrar det befintliga bjälklagets funktion. En tät konstruktion skapas och den diffusionsöppna funktionen rubbas. Underkapitel 3.3 behandlar denna problematik med isolering av vindsbjälklaget noggrannare.

Ett stort problem med denna lösning är plastfolien. Den bör placeras så nära den varma sidan som möjligt för att hindra varm och fuktig luft att ta sig in i bjälklaget, med denna lösning placeras plastfolien en bit in i vindsbjälklaget. Plastfolien bör även vara tät för att uppnå god funktion, vid anslutningar och golvreglar är detta en utmaning som kräver mycket arbete. Listerna som plastfolien fästs med på golvreglarna gör att placeringen av isoleringen blir svårare att utföra, om plastfolien inte blir tät kan varm och fuktig luft ta sig igenom vindsbjälklaget. När den varma och fuktiga luften möter kall luft kan kondens uppstå och senare leda till fuktskador i vindsbjälklaget. Precis som i det första åtgärdsförslaget tillförs den befintliga konstruktionen syntetiska material. Vilket borde undvikas enligt Panu Kaila i boken Talotohtori (Kaila, 1997, ss. 408 – 409, 538; Andersson, et al., 2014, ss. 16–17).

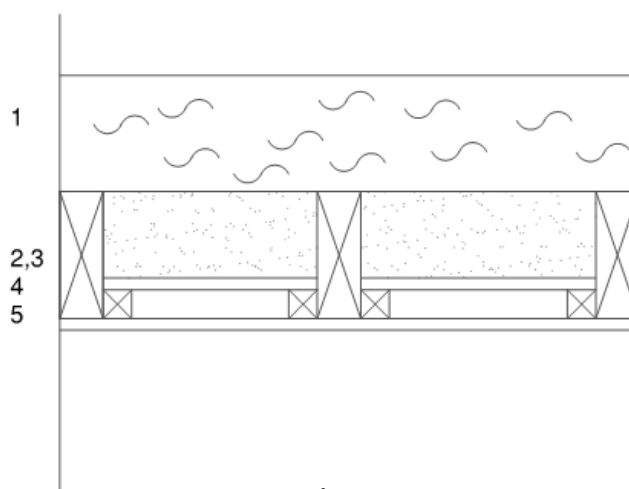
3.5.2 Analys av fukt och värme i konstruktionen

Eftersom det inte går att beakta att plastfolien är bruten mellan golvreglarna kan resultatet i DOF-Lämpö inte användas för tolkning.

3.6 Åtgärdsförslag 3, tilläggsisolering av träfiberull på den befintliga värmeisoleringen

Detta åtgärdsförslag består av:

1. 300 mm Träfiberull
2. 150 mm Befintlig isolering
3. 75x220 Befintliga golvreglar
4. Befintlig blindbotten
5. Panel



Figur 16. Åtgärdsförslag 3.

I detta åtgärdsförslag görs inga ingrepp i det befintliga vindsbjälklaget. En tilläggsisolering av träfiberisolering placeras ovanpå det befintliga vindsbjälklaget. Tilläggsisoleringens tjocklek är 300 mm. Det ger en värmeisolering med en total tjocklek på 450 mm. Med denna tjocklek uppstår inte någon risk för fuktproblem (Andersson, et al., 2014, ss. 16–17; Månsson & Malmberg, 2002, s.67).

Valet av träfiber som tilläggsisolering baserar sig på dess goda fukttekniska egenskaper samt att materialet inte kräver ångspärr. Träfiberisolering har stor hygroskopisk förmåga att fördela fukt till flera fibrer, vilket i sin tur sänker fukthalten och förhindrar uppkomsten av kondensation. Genom att använda träfiberisolering förändras inte konstruktionens funktion och en diffusionsöppen konstruktion bibehålls (Thermocell.se, 2014; Hagentoft, 2002, s. 173; Kaila, 1997, s. 470).

Om det går att säkerställa att inga luftfickor finns i den befintliga isoleringen och kvalitén är god, är detta en mycket enkel lösning. Detta åtgärdsförslag är enkel att utföra och kräver inga större ingrepp i vindsbjälklaget, eftersom ingen ångspärr krävs. Därmed påverkas inte det kulturhistoriska värdet av byggnaden (Ståhl, et al., 2011, ss. 33–34).

Enligt diskussion på Bjerking AB anses detta åtgärdsförslag vara ett bra alternativ för att förbättra vindsbjälklagets energibesparing. Vindsbjälklaget blir varmare, påverkar inte det kulturhistoriska värdet och lösningen är enkel att utföra. Det är däremot viktigt att noga

utreda den befintliga isoleringens skick så att inga brister finns i den, före tilläggsisoleringen placeras ovanpå (Diskussionsmöte vid Bjerking 27.1.2017).

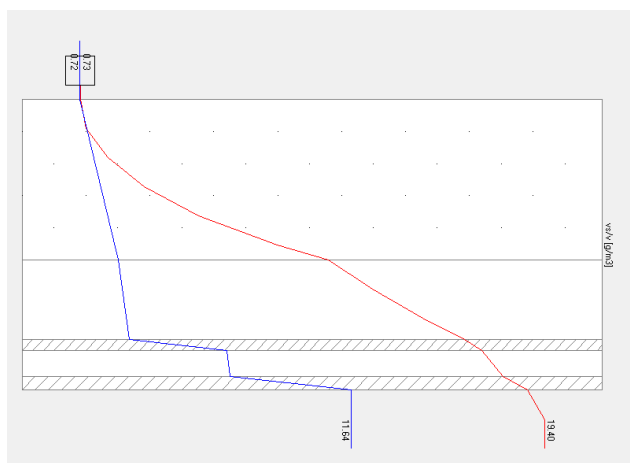
3.6.1 Principer, problem och risker

Även detta åtgärdsförslag skapar ett varmare och tätare vindsbjälklag som i sin tur skapar ett kallare vindsutrymme. Detta tas noggrannare upp i underkapitel 3.3 som behandlar problematik med isolering av vindsbjälklag.

Nackdelen med denna lösning är att det kan vara svårt att garantera att den befintliga isoleringen saknar brister. Vill man kontrollera den befintliga isoleringens skick krävs en del arbete eftersom vindsbjälklaget måste brytas upp. Finns det brister i den befintliga isoleringen som inte åtgärdas minskar effekten av den nya lösningen (Ståhl, et al., 2011, ss. 33–34).

3.6.2 Analys av fukt och värme i konstruktion

Analysen i DOF-Lämpö påvisar inga risker för utfällning av fukt. U-värdet skulle sjunka till 0,10 W/m²K. Detta värde uppfyller de rekommendationer som Boverkets byggregler rekommenderar. Med en tilläggsisolering på 200 mm gav DOF-Lämpö ett likartat resultat vad gäller fuktrörelser.

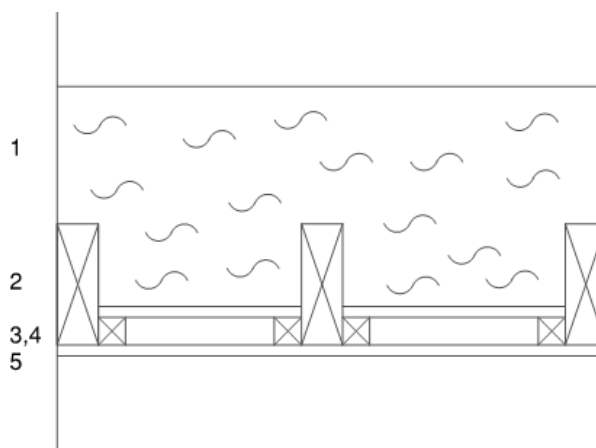


Figur 17. Analys av fuktförhållanden för vindsbjälklag med tilläggsisolering av träfiberull. Analysen visar inga tecken på fukt i bjälklagskonstruktionen.

3.7 Åtgärdsförslag 4, ny isolering av träfiber

Detta åtgärdsförslag baserar sig på:

1. 400 mm Träfiberull
2. 75x220 Befintliga golvreglar
3. Papp
4. Befintlig blindbotten
5. Panel



Figur 18. Åtgärdsförslag.

Den gamla värmeisoleringen tas bort. Vindpapp placeras mellan golvreglarna och häftas fast längs balkarnas sidor. Pappen ger ökat vindskydd av vindsbjälklaget. Ovanpå vindpappen placeras den nya värmeisoleringen. Den nya värmeisoleringen består av 400 mm träfiberisolering. Tjockleken har valts för att uppnå ett U-värde som är inom de rekommendationer Boverkets byggregler rekommenderar (Andersson, et al., 2014, ss. 16–17; Månsson & Malmberg, 2002, s.67).

En isolering av träfiber förändrar inte konstruktionens funktion, ett diffusionsöppet bjälklag bibehålls. Det är svårt att få gamla trähus täta, därmed är träfiberisolering ett lämpligt material att använda eftersom materialet inte kräver någon tät plastfolie. Detta åtgärdsförslag är även enkelt att utföra och påverkar inte byggnadens kulturhistoriska värde (Hagentoft, 2002, s. 173; Thermocell.se, 2014; Kaila, 1997, s. 539).

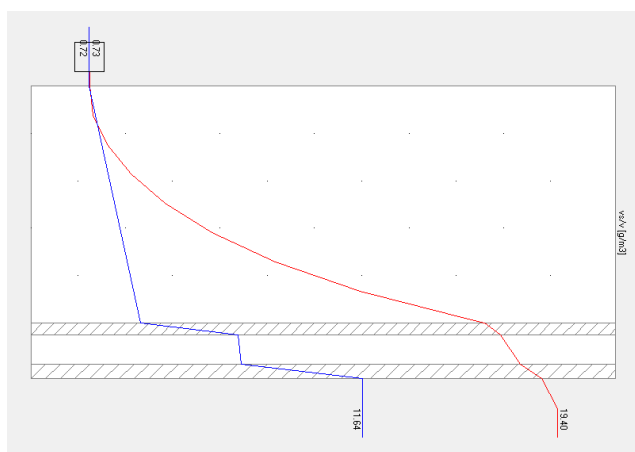
Enligt diskussion på Bjerking AB anses detta åtgärdsförslag vara en mycket bra lösning. Detta åtgärdsförslag är lätt att utföra och förändrar inte konstruktionens funktion. Det finns ingen risk för att bygga in fukt eftersom den nya konstruktionen också är diffusionsöppen. Åtgärdsförslaget ger vindsbjälklaget ett bättre U-värde och består av material med likartade egenskaper som de material den befintliga konstruktionen består av (Diskussionsmöte vid Bjerking 27.1.2017).

3.7.1 Principer, problem och risker

Denna lösning har som jag tidigare nämnt påverkan på vindsutrymmets temperatur. Detta tas noggrannare upp i underkapitel 3.3.

3.7.2 Analys av fukt och värme i konstruktion

Enligt DOF-Lämpö har åtgärdsförslaget ett U-värde på 0,11 W/m²K. Det nya U-värdet uppfyller därmed de rekommendationer som ställs av Boverkets byggregler i Sverige. Enligt den fuktkurva som fås med DOF-Lämpö finns små tecken på fukt. Denna mängd är väldigt liten och behöver därmed inte beaktas. Beräkningarna är gjorda vid extrema förhållande, som inte uppstår många gånger per år. Fukten som kan uppstå borde därmed kunna torka ut tack vare träfiberullens fukttekniska egenskaper.

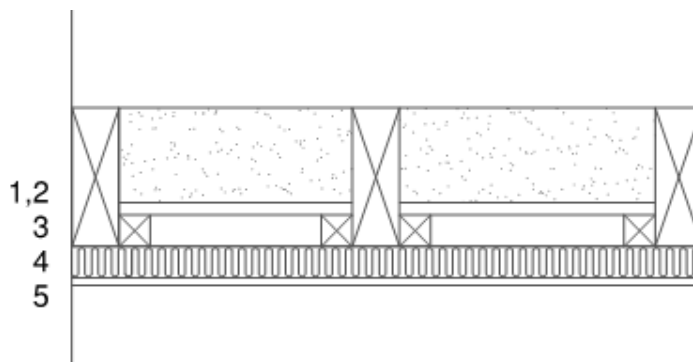


Figur 19. Analys av fuktförhållanden för vindsbjälklag med isolering av träfiberull. Analysen visar små tecken på fukt vid träfiberisoleringens övre delar.

3.8 Åtgärdsförslag 5, isolering under vindsbjälklag

Detta åtgärdsförslag består av:

1. 150 mm Befintlig isolering
2. 75x220 mm Befintliga golvreglar
3. Befintlig blindbotten
4. 50 mm Träfiberskiva
5. 12 mm Porös träfiberskiva



Figur 20. Åtgärdsförslag 5.

I detta åtgärdsförslag görs inga ingrepp i det befintliga vindsbjälklaget. Under vindsbjälklaget placeras en 50 mm tjock isolerskiva av träfiber. Under isolerskivan placeras en träfiberskiva som underlag för innertaket. Isolerskivan och den porösa träfiberskivan ökar vindsbjälklagets värmeisolering samt dess täthet. En varmare och tätare konstruktion kommer därmed skapas (Kaila, 1997, ss. 512–514).

Träfiber har goda fuktmagasinerande egenskaper som minskar uppkomsten av fuktproblem i vindsbjälklaget. Med träfiber som tilläggsisolering och tätning bibehålls den diffusionsöppna konstruktionen. De material som åtgärdsförslaget tillför vindsbjälklaget har likartade egenskaper som den befintliga konstruktionens material. Träfiberisoleringens fuktekniska förmåga gör även att ingen ångspärr av till exempel plastfolie krävs i konstruktionen (Kaila, 1997, s. 506).

Enligt diskussion på Bjerking AB konstateras att detta åtgärdsförslag skapar en kallare konstruktion och ett kallare klimat på vinden. En kall stomme uppstår som kan ge upphov till fuktproblem. Vid anslutning till väggar bryts isoleringen och delar av vindsbjälklaget blir kallare. Med tilläggsisolering på undersida vindsbjälklag blir takhöjden lägre och det kulturhistoriska värdet kan påverkas negativt. I praktiken är lösningen även svår att utföra eftersom arbetet sker på vindsbjälklagets undersida (Diskussionsmöte vid Bjerking 27.1.2017).

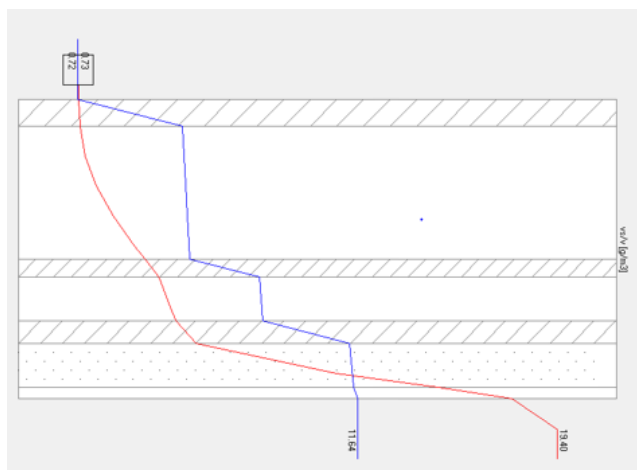
3.8.1 Principer, problem och risker

Denna lösning skapar ett kallare bjälklag och en kallare vind. Vid anslutningar till vägg kommer tilläggsisoleringen att brytas och det uppstår kalla områden i vindsbjälklaget. Detta ökar risken för kondens och fuktproblem i vindsbjälklaget. Konstruktionen består av trämaterial som rör sig med temperatur- och fuktvariationer detta försvårar skapandet av täta skarv. Är isolerskivornas skarv inte täta kan onödiga värmeförluster uppstå. Eftersom isolerskivorna installeras på undersida bjälklag förstörs det befintliga taket och dess kulturhistoriska värde. Montering av skivorna på undersida vindsbjälklag är även svårt att utföra (Ståhl, et al., 2011, s. 33; Månsson & Malmberg, 2002, ss. 63–67).

3.8.2 Analys av fukt och värme i konstruktion

Denna lösning skulle ge vindsbjälklaget ett U-värde på 0,27 W/m²K. Det uppfyller inte de rekommendationer som ställs av Boverkets byggregler i Sverige.

Detta åtgärdsförslag ger upphov till fukt i vindsbjälklaget enligt analys i DOF-Lämpö. En av orsakerna till detta kan vara att kölden från vindsutrymmet kan ta sig längre in i konstruktionen. Konstruktionen består av trämaterial och tilläggsisoleringen av träfiber, därmed borde risken för fuktproblem inte vara stor (Kaila, 1997, ss. 506–507).



Figur 21. Analys av fuktförhållanden för vindsbjälklag med tilläggsisolering av träfiberskiva under befintligt bjälklag. Enligt analysen uppstår det fukt i bjälklagskonstruktionen.

3.9 Tätning och ventilation av vindsbjälklag

Det finns några viktiga faktorer att beakta vid åtgärder av vindsbjälklaget. Vid anslutningar mellan bland annat vägg och vindsbjälklag bör fogning samt lister placeras för att få dessa områden täta. Finns springor i vindsbjälklaget bör även dessa tätas för att få skapa ett vindsbjälklag med god funktion (Nevander & Elmarsson, 2006, s. 99; Kaila, 1997, ss. 504–508; Thermocell.se, 2014).

Med ett tätare vindsbjälklag behöver vindsutrymmet ventileras. För mycket eller för lite ventilation kan skapa fuktproblem. Byggnadsingenjör Markus Lagerwall på Bjerking anser att genom att kunna kontrollera klimatet på vinden med till exempel en fuktmätare kan dessa problem elimineras (personlig kommunikation 27.1.2017).

Det finns ett flertal åtgärder som kan tillämpas för att minimera risken för att fuktskador på en vind med ett lufttätt bjälklag. För att skapa en god ventilation kan till exempel takfotsventilation, gavelventiler, takhuvar,nockventiler installeras. Dessa gör det möjligt för fukt att vädra ut. När en tilläggsisolering eller byte av isolering sker är det dessutom viktigt att se till att värmeisoleringen på vindsbjälklaget inte täpper till ventilationen i vindsutrymmet (Levande hus, u.d., ss. 16–17; Petersson, 2013, s. 166).

4 Yttervägg

4.1 Uppbyggnad

Den befintliga ytterväggens beståndsdelar är:

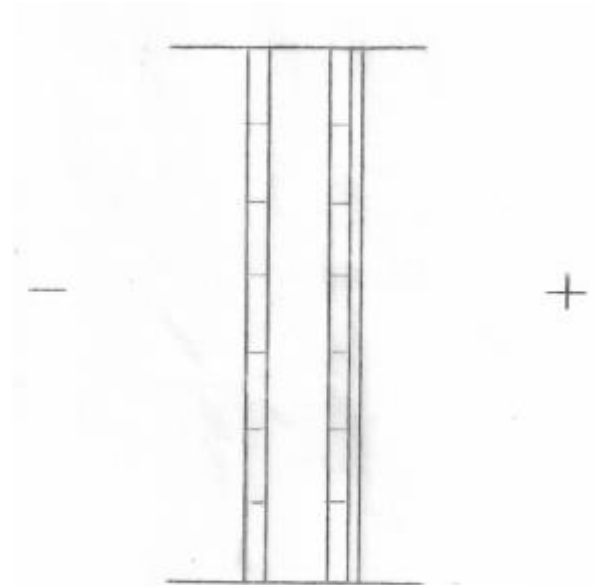
Yttre panel

Asfaltpapp

80 mm Stående plank

Asfaltpapp

Inre panel



Figur 22. Befintlig yttervägg.

4.2 Varför renovera ytterväggen?

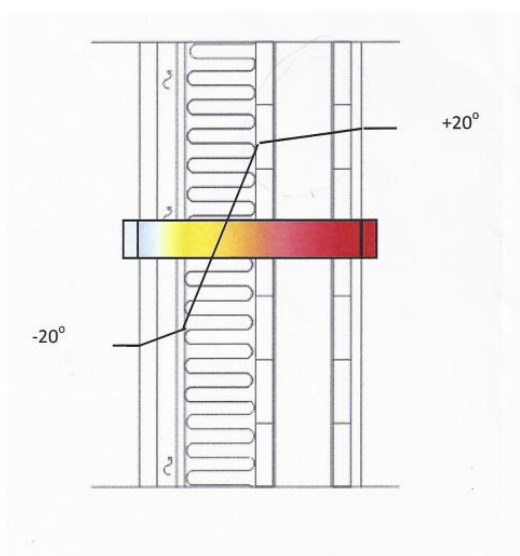
Genom att göra ytterväggen tätare och förbättra dess värmeisolering minskar värmeförlusterna ut genom väggkonstruktionen och byggnadens energibesparing ökar. Renovering av yttervägg kan också skapa en ökad komfort för de människor som är verksamma i byggnaden, eftersom drag och kalla ytor undanröjs (Fredrik, et al., 2014, ss. 25–28; Fredrik, et al., 2011, ss. 28–29).

4.3 Problematik

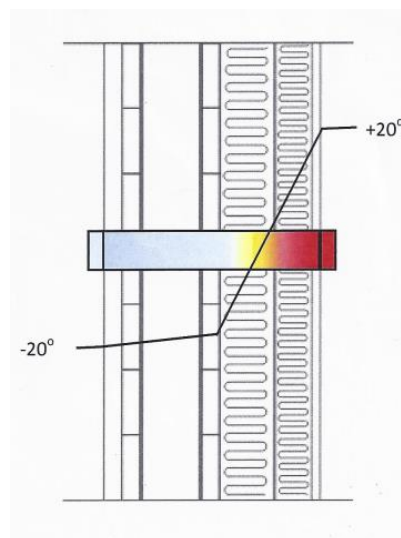
Det finns flera olika alternativ för tilläggsisolering av yttervägg. Tilläggsisoleringen kan utföras invändigt, utvändigt eller både och. Alla dessa alternativ har sina för- och nackdelar och kan förändra konstruktionens funktion på olika sätt. Tilläggsisolering av yttervägg ger en lufttätare vägg och leder därmed till att tilluftflödet i byggnaden minskar. Den väggkonstruktion som tidigare tillåtit luft att röra sig igenom bromsas upp eller stoppas. Även valet av material vid åtgärd har stor betydelse för hur den nya konstruktionen kommer att fungera. Tilläggsisolering anses även vara kostsam och medföra mycket arbete. Panu Kaila som skrivit boken Talotohtori (1997) rekommenderar därför att noga se över om andra alternativ finns. En billigare och enklare åtgärd skulle förslagsvis vara att tilläggsisolera

vindsbjälklaget och enbart täta läckage i väggkonstruktionen (Månsson & Malmberg, 2002, s. 110; Fredrik, et al., 2011, ss. 28–30; Kaila, 1997, s. 472, 485–487).

4.3.1 Problematik med invändig tilläggsisolering



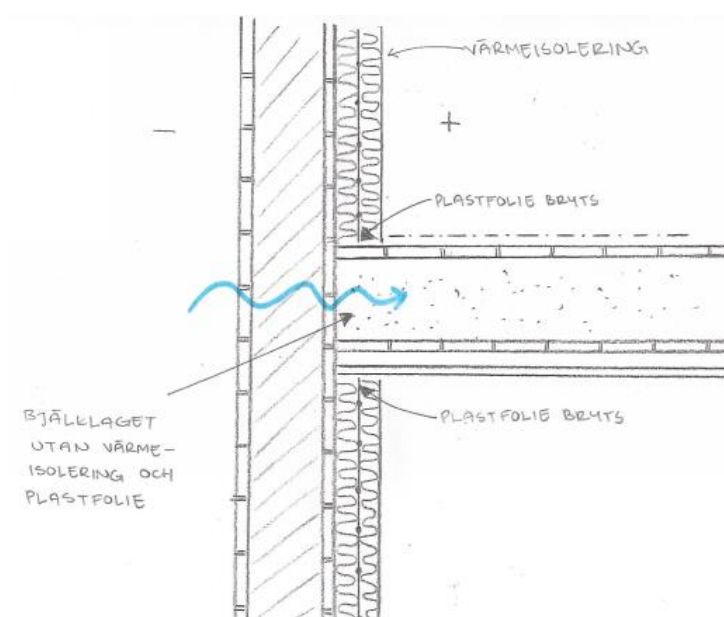
Figur 24. Temperaturförändring i yttervägg med utväändig tilläggsisolering. Bild konstruerad av Magnus Jonsson.



Figur 23. Temperaturförändring i yttervägg med invändig tilläggsisolering. Bild konstruerad av Magnus Jonsson.

En invändig tilläggsisolering sänker temperaturen i den ursprungliga konstruktionen, stärker köldbryggor och därmed minskar den termiska komforten. Eftersom tilläggsisoleringen inte kan utföras vid bjälklagsanslutningar kan kraftiga köldbryggor uppstå på dessa områden. Även områden där ytterväggen möter golv eller mellanvägg får en sänkt ytemperatur. Invändig tilläggsisolering gör att väggens innerytor blir varmare, den ursprungliga väggkonstruktionen blir däremot kallare. Fukthalten i väggkonstruktionen blir därmed högre och risken för kondens på de kalla ytorna ökar. Hur tjock tilläggsisolering som är lämplig varierar från fall till fall, det är viktigt att observera att desto tjockare tilläggsisolering som installeras på ytterväggen, desto större blir risken för kondens i väggkonstruktionen (Fredrik, et al., 2011, ss. 28–30; Fredrik, et al., 2014, s. 29).

Med en invändig tilläggsisolering minskar byggandens bostadsyta. Har byggnadens inre ytor ett kulturhistoriskt värde kan en invändig tilläggsisolering äventyra detta värde. Snickeridetaljer inne i byggnaden, som till exempel taklister, golvssocklar, dörr- och fönsterfoder måste tas bort för att tilläggsisoleringen skall kunna fästas på väggen. Dessa är ofta väsentliga delar av byggnaden och dess värde. Återplacering av dessa snickerier efter installationen av tilläggsisolering kan vara problematisk (Andersson, et al., 2014 s. 20; Thurell, 2005, ss. 80–81).



Figur 25. Problematik med invändig tilläggsisolering av väggkonstruktionen.

4.3.2 Problematik med utvändig tilläggsisolering

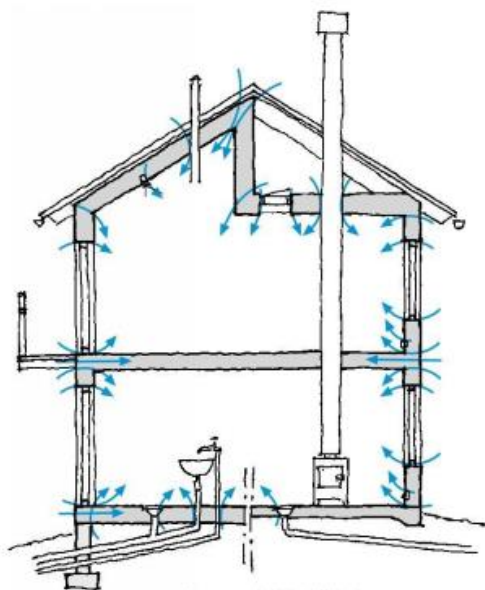
Med en utvändig tilläggsisolering kan det kulturhistoriska och arkitektoniska värdet förloras, utvändig tilläggsisolering gör att fasaden kommer längre ut från stommen. Takfotens överhäng minskar, dörrar och fönster hamnar längre in i fasaden. Även grundmuren hamnar innanför den nya fasadpanelen och vackra detaljer som till exempel utsirade fönsterfoder och konsoler försvinner. Ytterväggen förlorar sina ursprungliga proportioner och dimensioner. En annan nackdel med den utvändiga tilläggsisolering är det arbete som tillkommer när fönster, dörrar och takfot ska flyttas ut. Detta innebär en merkostnad i jämförelse med invändig tilläggsisolering (Fredrik, et al., 2011, ss. 28–30; Månsson & Malmberg, 2002, ss. 111–113; Thurell, 2005, ss. 80–81).

4.3.3 Problematik med ångtäta skikt

Användningen av ångtäta material som hindrar äldre träbyggnaders diffusionsöppna funktion är ett omdiskuterat ämne med många olika åsikter. Det ångtäta skiktet ger god funktion i väggkonstruktionen, förutsatt att en tät väggkonstruktion skapas. Om denna täthet kan uppnås eller inte, finns det många åsikter om. I Fukthandboken skriver Lars Erik Nevander och Bengt Elmarsson framkommer att ytterväggen ska förses med en ångspärr för att minska risken för fuktvandring genom konstruktionen. I motsats till detta skriver arkitekt Hannu Puurunen i reparationskortet (2000) som publicerats på museiverkets hemsida att ingen ångspärr behövs i äldre trähus, eftersom luftfukt inte skadar trä. Puurunen påstår att organiska material tillåter fukt att röra sig genom träkonstruktionen utan att skapa fuktproblem (Nevander & Elmarsson, 2006, ss. 148–151; Puurunen, 2016, s. 4).

Det är det väldigt svårt att få det ångtäta skiktet tätt vid bland annat anslutningar mellan vägg och bjälklag. Det ångtäta skiktet punkteras även lätt på grund av genomföringar och fästning av inre beklädnad ovanpå det ångtäta skiktet. Uppstår otätheter i konstruktionen är det möjligt för kondens att bildas, när varm och fuktig luft rör sig genom konstruktionen och når konstruktionens kalla delar (Nevander & Elmarsson, 2006, ss. 148–151; Odén, 2010, s.6).

Det ångtäta skiktet hindrar vattenånga att vandra genom väggen. Väggkonstruktionen som tidigare kunnat släppa igenom luft och möjliggjort att fukt i väggen kunnat torka upp hindras. Fukt lämnar kvar i väggkonstruktionen och kan ge upphov till fuktskador i väggkonstruktionen (Thermocell.se, 2014; Kaila, 1997, ss. 471–472; Fredrik, et al., 2011, ss. 28–30).



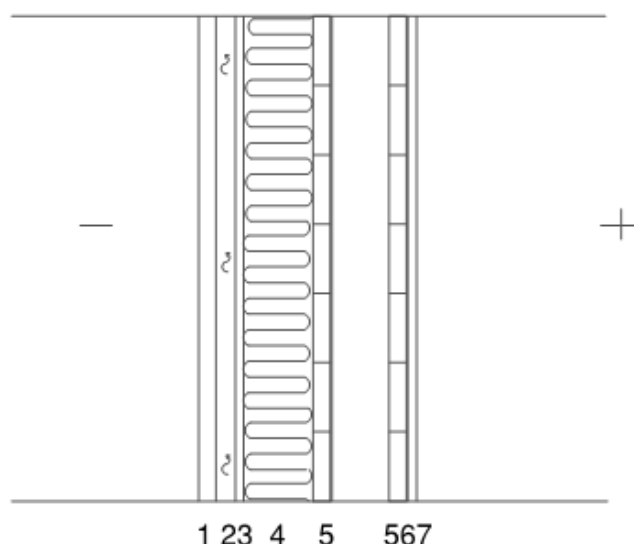
Figur 26. Typiska områden för luftläckage i byggnaden är vid anslutningar och genomföringar. Källa (Fredrik, et al., 2014, p. 35)

Om mineralull används som tilläggsisolering måste det finnas ett ångtätt skikt i väggkonstruktionen. Mineralull är ett luftförelseöppet material som saknar förmåga att hantera fukt. Om fukt skulle uppstå i mineralullen lämnar fukten i isoleringsmaterialet och försämrar värmeisoleringens effekt. Äldre trähus består av organiska material som kan binda och uppta en viss mängd fukt, dessa egenskaper har möjliggjort att fukt kunnat torka ut ur konstruktionen. Genom att placera en plastfolie som hindrar de naturliga luftförelserna i konstruktionen, hindras fukt att torka ut och lämnar därmed kvar i konstruktionen. Det kan ge upphov till fuktproblem (Thermocell.se, 2014; Kaila, 1997, ss. 471–472; Fredrik, et al., 2011, ss. 28–30).

4.4 Åtgärdsförslag 1, utvändig tilläggsisolering med mineralull

Detta åtgärdsförslag består av:

1. Yttre panel
2. Luftspalt
3. Vindskyddsskiva
4. Mineralull
5. Befintlig stomme av stående plank
6. Plastfolie
7. Inre beklädnad



Figur 27. Åtgärdsförslag 1.

Den befintliga stommen får en tilläggsisolering av mineralull på utsidan, med en tjocklek på 100 mm. Tilläggsisoleringen skyddas mot luftförelser med hjälp av en vindskyddsskiva som placeras på den yttre sidan av tilläggsisoleringen. För att ge goda möjligheter för konstruktionens yttre del att torka ut görs en ventilerad luftspalt mellan vindskyddsskivan och den yttre panelen.

På den befintliga stommens varma sida placeras en plastfolie för att skapa en tät konstruktion som hindrar fukt att vandra genom väggen. Plastfolien skyddar mineralullen mot de fuktiga

luftförelserna. Med en plastfolie på stommens insida hindrar uppkomsten av diffusion och konvektion, förutsatt att plastfolien är tät. På plastfoliens insida placeras inre beklädnad, till exempel gipsskiva, panel eller plywood (Thermocell.se, 2014; Kaila, 1997, ss. 485–487; Andersson, et al., 2014, ss. 19–20; Nevander & Elmarsson, 2006, ss. 148–152; Hagentoft, 2002, ss. 147–148).

Detta åtgärdsförslag skapar en varmare och torrare stomme som minskar värmeförlusterna i byggnaden. Befintliga köldbryggor minskar, golv och väggar intill ytterväggen blir varmare och ger en ökad termisk komfort och därmed minskar upplevelsen av drag. En annan fördel med denna lösning är att den inre bostadsytan och verksamheten inne i huset inte påverkas (Thurell, 2005, s. 80; Fredrik, et al., 2011, ss. 30–31).

Tilläggsisolering på utsidan av stommen ger bättre förutsättningar för att få en vindtät konstruktion. Tilläggsisoleringens värmeeffekt sänker den relativa luftfuktigheten och risken för fukt- och mögelskador minskar (Thurell, 2005, s. 80; Fredrik, et al., 2011, ss. 30–31; Berg, 2009, s. 63).

Enligt diskussion på Bjerking AB anses detta åtgärdsförslag inte vara en god lösning. Nackdelarna med lösningen är bland annat att det kulturhistoriska värdet förstörs, fönster och dörrar måste flyttas ut, vilket medför extra arbete. En annan nackdel är problematiken med att uppnå en tät plastfolie. Eventuellt skulle en träregel placeras på plastfolien för att inte punktera den på så många ställen. I teorin anser byggnadskonstruktörerna på Bjerking AB att lösningen är skaplig men i praktiken är den väldigt svår att utföra med gott resultat. Dessutom anser byggnadskonstruktörerna på Bjerking AB att plastfolie bör undvikas i äldre trähus (Diskussionsmöte vid Bjerking 27.1.2017).

4.4.1 Principer, problem och risker

Den befintliga konstruktionen består av organiska material med goda fuktegenskaper, denna lösning tillför syntetiska material till konstruktionen. Hur de nya syntetiska materialen som inte kan hantera fukt fungerar tillsammans med den befintliga träkonstruktionens material är svårt att förutspå. Enligt rekommendationer bör äldre trähus renoveras med material som har likartade egenskaper som de befintliga material trähuset består av (Kaila, 1997, s. 539; Puurunen, 2016, s. 7).

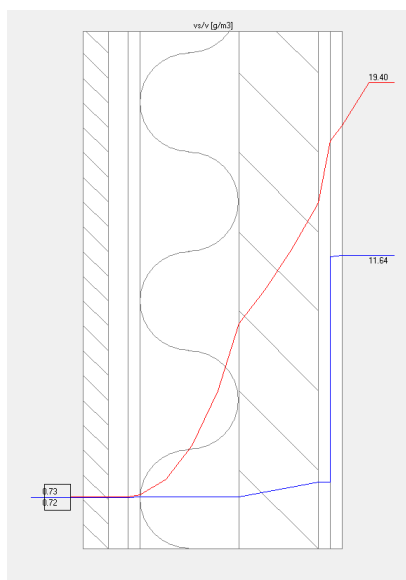
Att få en tät ångspärr som fungerar tillfredställande är en utmaning. Speciellt i äldre trähus där rörelser sker av till exempel temperatur- och fuktvariationer. Det är även lätt att punktera ångspärren om utförande av arbete inte görs noggrant (Hagentoft, 2002, s. 177).

Vid anslutning mellan bjälklag och vägg bör ångspärren gå oavbrutet förbi, vilket innebär att till exempel vindsbjälklaget skulle behöva tas bort för att få en tät ångspärr längs hela byggnadens yttervägg. Detta skulle ge oerhört mycket arbete och en merkostnad av renoveringen (Berg, 2009, ss. 69–72).

Denna lösning äventyrar det kulturhistoriska värdet. Fönster, dörrar, takfot, hörn och grund hamnar längre in i fasaden och förändrar byggnadens utseende. Flyttas dessa ut tillkommer även en merkostnad och extra arbete. Lösningen kräver även arbete på både insida och utsida yttervägg (Thurell, 2005, s. 80; Andersson, et al., 2014, s. 19).

4.4.2 Analys av fukt och värme i väggkonstruktion

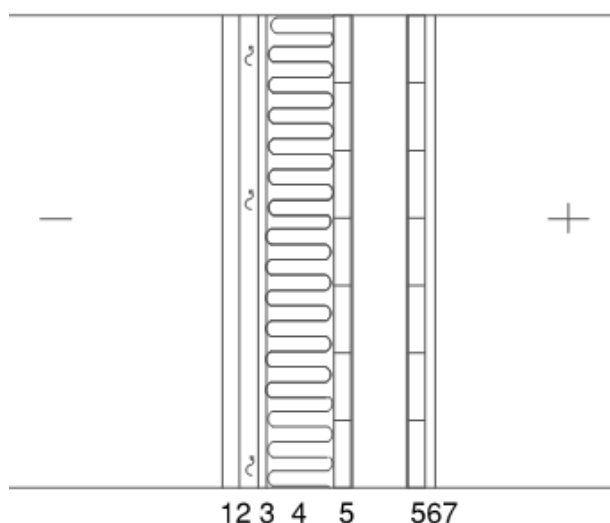
Denna lösning skulle enligt DOF-Lämpö mer än halvera U-värdet på ytterväggen. Tyvärr uppnår detta U-värde inte det värde Boverkets byggregler rekommenderar. Enligt analysen av fuktförhållanden i väggkonstruktionen finns inga tecken på fukt i väggens inre delar.



Figur 28. Analys av fuktförhållanden för yttervägg med utvändigt tilläggsisolering av mineralull och plastfolie i yttervägg. Analysen visar inga tecken på uppkomsten av fukt i väggkonstruktionens inre delar.

4.5 Åtgärdsförslag 2, utvändig tilläggsisolering med träfiberisolering

1. Yttre panel
2. Luftspalt
3. Porös impregnerad träfiberskiva
4. Träfiberisolering
5. Befintlig stomme av stående plank
6. Befintlig asfaltpapp
7. Befintlig inre beklädnad



Figur 29. Åtgärdsförslag 2.

På utsidan av de stående planken placeras en 100 mm tjock träfiberisolering. Som vindsydd för tilläggsisoleringen används en porös impregnerad träfiberskiva. Mellan vindsyddsskivan och den yttre panelen görs en luftspalt för att skapa en god ventilation och ge möjlighet för väggens yttre del att torka ut (Ekofiber.se, 2016; Nevander & Elmarsson, 2006, ss. 148–150).

Denna lösning ger en yttervägg med en varmare och tätare stomme som minskar befintliga köldbryggor. Drag och kalla områden vid anslutningar mellan yttervägg, golv och mellanväggar minskar. Den porösa träfiberskivan ger ett ökat skydd mot vind och minskar därmed luftläckage och drag genom ytterväggen (Kaila, 1997, ss. 472, 539; Fredrik, et al., 2011, ss. 30–31).

Tilläggsisolering av träfiber gör att ingen plastfolie krävs i konstruktionen. Träfiberisoleringen tar upp fukt och fördelar det i materialet, fukt samlas därmed inte på ett enda ställe utan fördelas ut och torkar snabbare ut. Eftersom de material som denna lösning består av är organiska material med goda fukttekniska egenskaper påverkas inte konstruktionens diffusionsöppna funktion avsevärt (Hagentoft, 2002 s. 177; Thermocell.se, 2014).

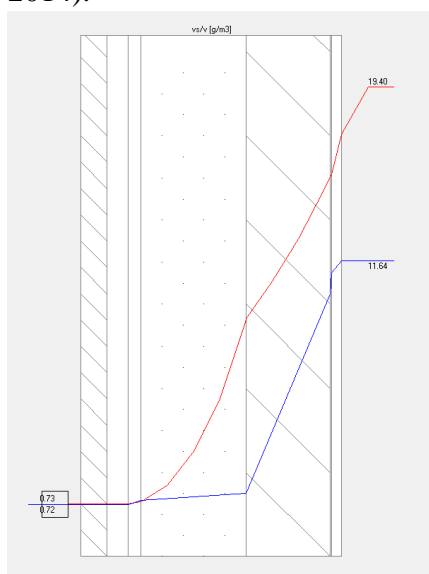
Enligt diskussion på Bjerking AB anses detta åtgärdsförslag vara bra byggtekniskt. Lösningen skulle ge ett bra inomhusklimat, en varm stomme samt isolering vid anslutningar. Byggnadens utseende skulle däremot förändras. Dörrar och fönster måste flyttas ut och medför därmed mycket arbete. Valet av genomsläppliga och fukttåliga byggnadsmaterial som åtgärdsförslaget baserar sig på förändrar inte konstruktionens funktion och är därmed mycket lämpligt, anser konstruktörerna på Bjerking AB. Genomsläppliga byggnadsmaterial, luftspalten bakom den yttre panelen och den varma stommen som skapas förebygger risken för fukt i ytterväggen (Diskussionsmöte vid Bjerking 27.1.2017).

4.5.1 Principer, problem och risker

Detta åtgärdsförslag förändrar byggnadens utseende avsevärt. Ifall byggnaden har ett betydelsefullt kulturhistoriskt värde är detta åtgärdsförslag inte att rekommendera. Den yttre panelen måste tas ned för att kunna installera tilläggsisoleringen, vilket skulle medför en del extra arbete och en merkostnad (Thurell, 2005, s. 80; Andersson, et al., 2014, s. 19).

4.5.2 Analys av fukt och värme i väggkonstruktion

Denna lösning skulle ge ytterväggen ett U-värde på 0,35 W/m²K. U-värdet uppnår inte det värde som Boverkets Byggregler rekommenderar. Detta åtgärdsförslag visar en ytterst liten risk för fukt på tilläggsisoleringens kalla sida. Denna fuktmängd är väldigt liten och med träfibermaterial och dess goda fuktegenskaper borde denna mängd fukt inte utgöra någon större risk för ytterväggen (Kaila, 1997, s. 470; Hagentoft, 2002, s. 173; Thermocell.se, 2014).

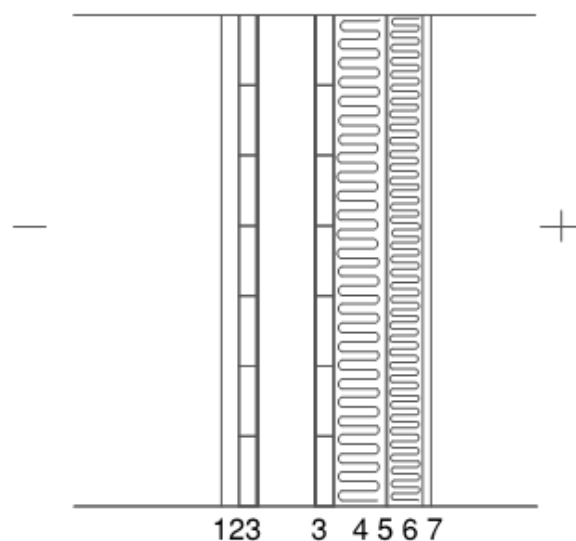


Figur 30. Analys av fuktförhållanden för renoveringslösning, utvändig tilläggsisolering av träfiberisolering i yttervägg. Enligt analysen uppstår en liten mängd fukt på tilläggsisoleringens kalla sida.

4.6 Åtgärdsförslag 3, invändig tilläggsisolering med mineralull i två skikt

Detta åtgärdsförslag består av:

1. Befintlig yttre panel
2. Befintlig asfaltpapp
3. Befintlig stomme av stående plank
4. 100 mm mineralull och horisontella regler
5. Plastfolie
6. 50 mm mineralull och vertikala regler
7. Inre beklädnad



Figur 31. Åtgärdsförslag 3.

På insidan av den befintliga stommen placeras en 100 mm tjock tilläggsisolering av mineralull med horisontella regler. På tilläggsisoleringens varma sida placeras en plastfolie som fungerar som ångspärr i väggen. På ångspärren placeras ytterligare 50 mm mineralull med vertikala regler, för att minska risken för punktering av plastfolien. På väggens insida placeras inre beklädnad av till exempel plywood, gips eller träfiberskiva (Nevander & Elmarsson, 2006, ss. 148–149; Andersson, et al., 2014, ss. 19–20).

Denna lösning har en indragen ångspärr. Det gör det möjligt att utföra elektriska installationer i väggen utan att gå genom ångspärren. Håltagning för till exempel eldosor punkterar plastfolien om den är mellan mineralullen och den inre beklädnaden. Är plastfolien inte tät minskar dess skydd mot diffusion och luftrörelser. Genom att dra in ångspärren en bit i väggen kan detta undvikas. Det är dock viktigt att ångspärren inte kommer för långt in i väggens kalla sida. Isoleringens tjocklek på plastfoliens varma sida ska vara en fjärdedel av den totala isolertjockleken eller högst 50 mm (Nevander & Elmarsson, 2006, s. 149).

Denna lösning gör ytterväggens innerytor varmare och kräver inga åtgärder av ytterväggens utsida, dess kulturhistoriska värde bibehålls därmed (Fredrik, et al., 2014, ss. 28–29; Thurell, 2005, s. 80).

Enligt diskussion på Bjerking AB anses detta åtgärdsförslag ha många nackdelar. Lösningen ger ytterväggen en kall stomme med risker för fuktskador i väggen och köldbryggor förstärks i och med att tilläggsisoleringen utförs på insidan av ytterväggen. Plastfolien anses vara näst intill omöjlig att få tät, risken för att luftläckage uppstår är stor (Diskussionsmöte vid Bjerking 27.1.2017).

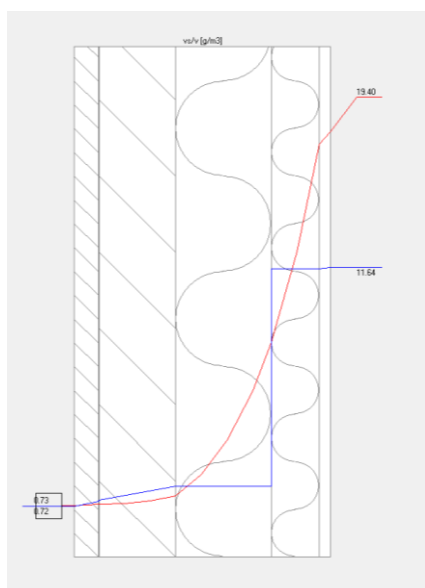
4.6.1 Principer, problem och risker

Den ursprungliga väggen blir kallare och får därmed en högre fukthalt. Köldbryggor i ytterväggen förstärks, eftersom tilläggsisoleringen bryts vid anslutningar. Detta kan visa sig i form av kondens på kalla ytor eller en känsla av drag. Vid anslutningar till innervägg och bjälklag bryts plastfolien. Att få plastfolien tät vid anslutningar, dörrar och fönster är en utmaning. Detta åtgärdsförslag minskar även bostadsytan inne i byggnaden (Fredrik, et al., 2014, ss. 29–30; Nevander & Elmarsson, 2006, s. 157; Thurell, 2005, s. 80)

I boken Talotohori (1997) skriven av Panu Kaila presenteras studier om användning av mineralull och plastfolie i diffusionsöppna trähus. Användningen av dessa syntetiska material har många gånger gett upphov till fuktskador och röta när konstruktionen rört sig och det ångtåta skiktet brustit (Kaila, 1997, s. 539).

4.6.2 Analys av fukt och värme i väggkonstruktion

Den nya väggkonstruktionen får ett U-värde på 0,26 W/m²K, U-värdet minskar därmed markant från det ursprungliga. Detta åtgärdsförslag uppnår inte rekommendationerna som



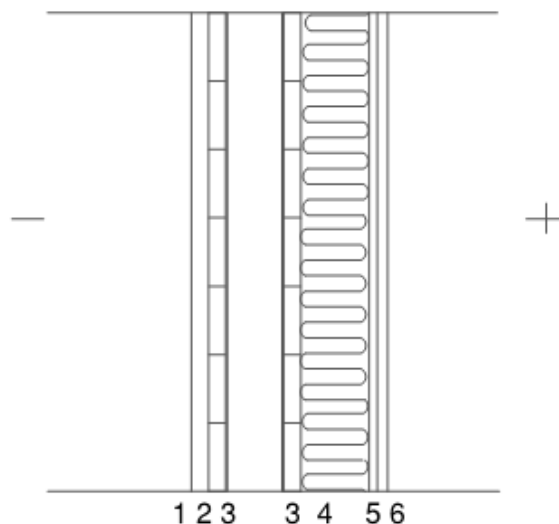
Figur 32. Analys av fuktförhållanden för yttervägg med invändig tilläggsisolering av mineralull i yttervägg. Enligt analysen uppstår det fukt i stommen och i tilläggsisoleringen.

Boverkets Byggregler gett. Enligt analys av fuktförhållanden uppstår fukt i tilläggsisoleringen. En av orsakerna till uppkomsten av denna fukt är den sänkta temperaturen av stommen, som uppstår med tilläggsisolering på insida av yttervägg (Fredrik, et al., 2011, ss. 28–30).

4.7 Åtgärdsförslag 4, invändig tilläggsisolering av träfiber

Detta åtgärdsförslag består av:

1. Befintlig yttre panel
2. Befintlig asfaltpapp
3. Befintlig stomme av stående plank
4. 100 mm träfiberisolering
5. Porös träfiberskiva
6. Inre beklädnad



Figur 33. Åtgärdsförslag 4.

På insida stomme görs en tilläggsisolering av träfiberull, tilläggsisoleringens tjocklek är 100 mm. På tilläggsisoleringen placeras en porös träfiberskiva och invändig beklädnad. Denna lösning skapar en varmare och tätare insida av ytterväggen (Olsson, 2001).

Träfiberisoleringen och den porösa träfiberskivan är organiska material med goda fuktutjämnande egenskaper som inte kräver något ångtätt skikt. Lösningen ger ytterväggen varmare innerytor, minskar otätheter genom väggen samt bevara byggnadens kulturhistoriska värde (Fredrik, et al., 2014, ss. 28–30; Nevander & Elmarsson, 2006, s. 157; Thurell, 2005, ss. 80–81; Odén, 2010, ss. 11–24; Hagentoft, 2002, ss. 173–177).

Enligt diskussion på Bjerking AB anses detta åtgärdsförslag ha många nackdelar. Köldbryggor vid anslutningar förstärks, klimatet i konstruktionen förändras extremt och en kall stomme uppstår. Konstruktörerna på Bjerking AB anser att det enda sättet för undvika fukt skulle vara att sätta in en plastfolie, dessvärre är det omöjligt att inte punktera den. En

fördel med denna lösning anses vara bevarandet av det kulturhistoriska värdet av byggnaden (Diskussionsmöte vid Bjerking 27.1.2017).

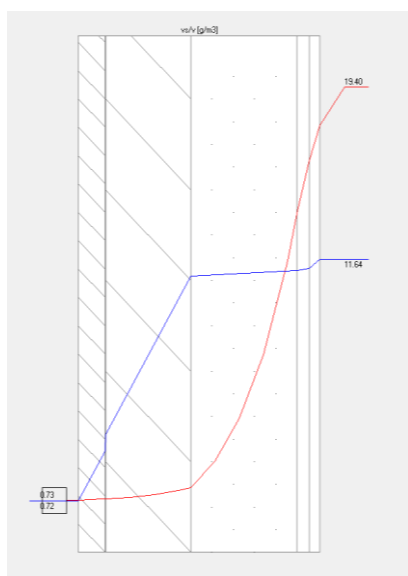
4.7.1 Principer, problem och risker

Detta åtgärdsförslag gör att den ursprungliga väggen blir kallare, köldbryggor förstärks och en högre fukthalt uppstår i väggkonstruktionen. Anslutningar mellan yttervägg och innervägg samt bjälklag är utmanande områden vid en invändig tilläggsisolering. Eftersom dessa områden inte går att tilläggsisolera kommer dessa att skapa köldbryggor. En annan nackdel med detta åtgärdsförslag är att bostadsytan minskar (Thurell, 2005, s. 80; Fredrik, et al., 2014, ss. 29–30; Nevander & Elmarsson, 2006, s. 157).

4.7.2 Analys av fukt och värme i väggkonstruktion

Denna lösning ger den nya ytterväggen ett U-värde på 0,29 W/m²K. Det är en markant minskning av det befintliga U-värdet. Det nya U-värdet uppnår inte de rekommendationer Boverkets byggregler ger.

Fuktkurvan visa på uppkomsten av fukt i ytterväggen. Med ett försök att halvera tilläggsisoleringens tjocklek förändrade inte fuktmängden i väggkonstruktionen. Denna lösning består av enbart diffusionsöppna material med egenskaper som kan uppta och binda fukt, därmed borde risken för fuktskador ändå inte vara stor i detta fall (Kaila, 1997, s. 470; Hagentoft, 2002, s. 173; Thermocell.se, 2014).

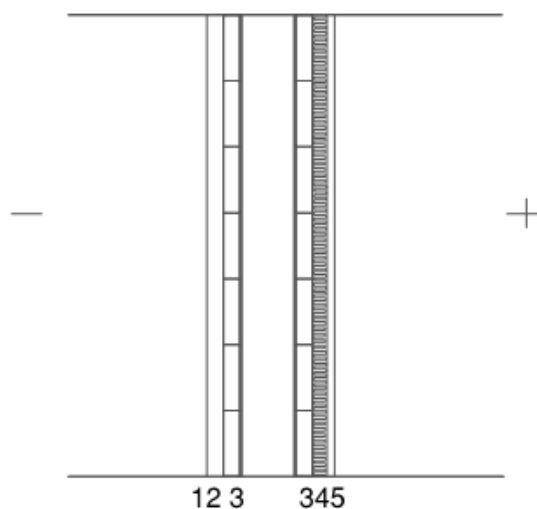


Figur 34. Analys av fuktförhållanden för yttervägg med invändig tilläggsisolering av träfiberisolering i yttervägg. Enligt analysen uppstår det fukt i väggkonstruktionen.

4.8 Åtgärdsförslag 5, invändig tilläggsisolering med tunn träfiberisolering

Detta åtgärdsförslag består av:

1. Befintlig yttre panel
2. Befintlig asfaltpapp
3. Befintlig stomme av stående plank
4. 22 mm Träfiberskiva
5. Inre beklädnad



Figur 35. Åtgärdsförslag 5.

Detta åtgärdsförslag förbättrar värmeisoleringen av ytterväggen en aning och ökar väggkonstruktionens täthet. Träfiberskivan gör väggkonstruktionen tätare mot drag och fuktransport. Med endast en tunn isolering förändras inte stommens funktion och förhållande avsevärt (Olsson, 2001).

Träfiberskivan har likartade egenskaper som de övriga material ytterväggen består av. Den diffusionsöppna väggkonstruktionens funktion kommer därmed inte att påverkas. Lösningen påverkar knappt den inre bostadsytan och ingriper inte på ytterväggens utsida, det kulturhistoriska värdet påverkas därmed inte (Thurell, 2005, ss. 80–81; Odén, 2010, ss. 11–24; Hagentoft, 2002, ss. 173–177).

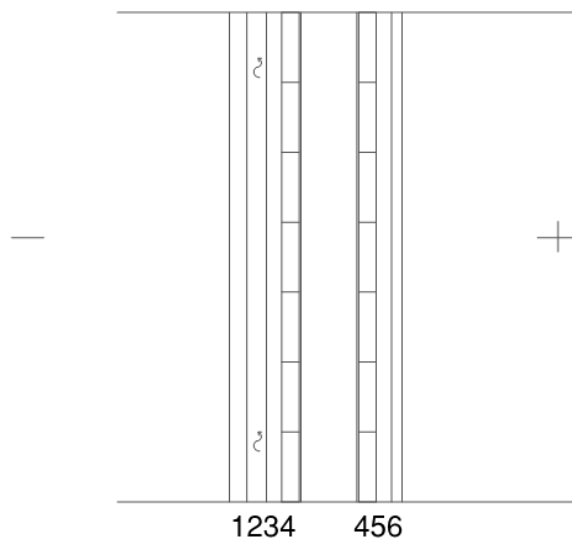
Vid invändig tilläggsisolering förekommer ofta problem vid fönstersmygar eftersom dessa är svåra att isolera, kondens uppstår lätt vid dessa områden efter att tilläggsisolering installerats. Med en träfiberskiva som är tunn, i jämförelse med en tilläggsisolering förändras inte förhållandena vid fönstersmygen och ytterväggen så mycket att kondens skulle uppstå (Nevander & Elmarsson, 2006, s. 157; Thurell, 2005, ss. 76–877).

Enligt diskussion på Bjerking AB anses detta åtgärdsförslag vara en god lösning. Åtgärden är billig och enkel att utföra. En tätare och varmare väggkonstruktion skapas, utan risk för att tilläggsisoleringen skulle vara för tjock och ge upphov till kondens. Detta åtgärdsförslag bevarar även det kulturhistoriska värdet av byggnaden. Ett problem med åtgärdsförslaget är

4.9 Åtgärdsförslag 6, tilläggsisolering på insida och utsida vägg

Detta åtgärdsförslag består av:

1. Ytter panel
2. Luftspalt
3. 25 mm Porös impregnerad träfiberskiva
4. Befintlig stomme av stående plank
5. 25 mm Porös träfiberskiva
6. Inre beklädnad



Figur 37. Åtgärdsförslag 6.

Detta åtgärdsförslag baserar sig på en utvändig och invändig tätning av ytterväggen. På den kalla sidan av stommen placeras en porös impregnerad träfiberskiva. Denna skiva skapar ett skydd mot vind, har goda fuktbuffrande och kapillärsugande egenskaper samt är diffusionsöppen. Träfiberskivan kommer därmed inte påverka den befintliga väggkonstruktionens funktion och ger ingen ökad risk för fukt i väggkonstruktionen. Den utvändiga träfiberskivan minskar köldbryggor som i den befintliga väggkonstruktionen. Ovanpå den porösa impregnerade träfiberskiva installeras en luftspalt som möjliggör att fukt kan torka ut i väggkonstruktionen och i den yttre panelen (Fredrik, et al., 2014, s. 30; Hagentoft, 2002, s. 177; Kaila, 1997, s. 539).

Lösningen kommer inte skapa en märkvärt varmare konstruktion och därmed inte förändra förhållandena i väggkonstruktionen eller dess funktion. Det eliminerar risken för kondens i ytterväggen. Träfiberskivans fukttekniska egenskaper gör att inget ångtätt skikt behöver installeras för att undvika fuktproblem i väggkonstruktionen (Thurell, 2005, s. 81; Odén, 2010, ss. 11–24; Hagentoft, 2002, s. 177).

Enligt diskussion på Bjerking AB anses detta åtgärdsförslag öka tätheten av konstruktionen och skapa en liten förbättring av väggkonstruktionens värmeisolering. Åtgärdsförslaget anses kunna göras med mer värmeisolering, eftersom den energibesparande effekt detta åtgärdsförslag ger är väldigt liten. Arbete måste utföras på både insida och utsida stomme

och påverkar både fasaden och den inre ytan av byggnaden. Lösningen kräver därmed mycket arbete och ger ett resultat som inte ökar byggnadens energibesparing speciellt mycket. Med tanke på detta är byggnadskonstruktörerna på Bjerking skeptiska till åtgärdsförslaget (Diskussionsmöte vid Bjerking 27.1.2017).

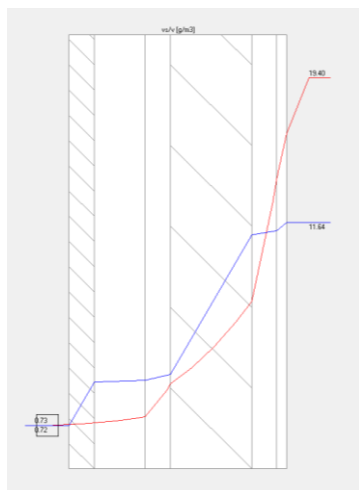
4.9.1 Principer, problem och risker

Att skapa täta skarvar mellan träfiberskivorna kräver noggrant arbete. Väggkonstruktionen som består av organiska material rör sig med temperatur- och fuktvariationer, träfiberskivornas täta skarv kan därmed bli svåra att bibehålla. Installationen av träfiberskivor kan även vara utmanande om väggkonstruktionens yta är ojämn (Hagentoft, 2002, s. 177).

Problematiken vid anslutningar mellan yttervägg och mellanväggar eller bjälklag förekommer även vid denna invändiga lösning, dessa områden är svåra att få täta och kräver ett noga utför arbete (Thurell, 2005, s. 80; Fredrik, et al., 2014, ss. 29–30).

4.9.2 Analys av fukt och värme i väggkonstruktion

Analysen i DOF-Lämpö ger den nya väggkonstruktionen ett U-värde på 0,46 W/m²K. Det ursprungliga U-värdet minskar med över 50 %, tyvärr uppnår inte det nya U-värdet det värde som Boverkets byggregler rekommenderar. Enligt analys av fuktförhållande uppstår fukt i konstruktionen. Tack vare träfiberskivornas fukttekniska förmåga, borde denna fukt inte utgöra någon större risk för väggkonstruktionen (Kaila, 1997, s. 470; Hagentoft, 2002, s. 173; Thermocell.se, 2014).



Figur 38. Analys av fuktförhållanden för yttervägg med tilläggsisolering på både insida och utsida. Enligt analysen uppstår det fukt i väggkonstruktionen.

5 Bottenbjälklag

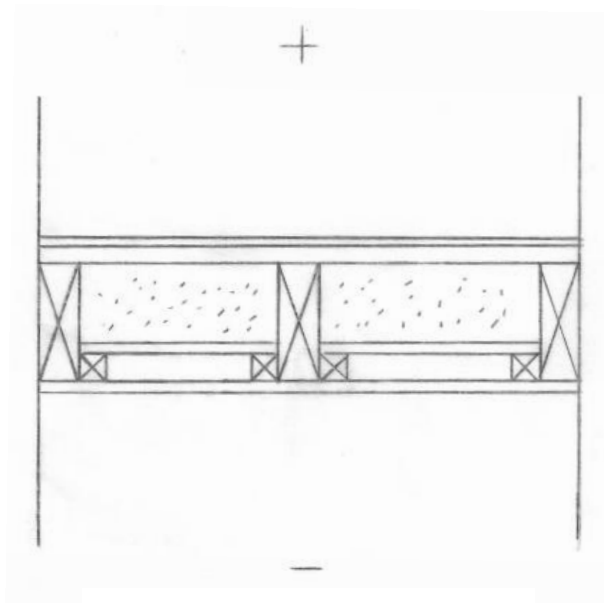
5.1 Uppbyggnad

Golvträ

75x220 mm Golvreglar

150 mm Fyllning (sågspån)

20 mm Blindbotten



Figur 39. Befintligt bottenbjälklag.

5.2 Varför renovera bottenbjälklaget?

Genom att förbättra bottenbjälklagets värmeisolering minskar värmeförluster av byggnaden. I äldre trähus tar sig luft in genom otätheter och sprickor i golvbjälklaget, vilket ger upphov till kalla och dragiga golv. Genom att förbättra isoleringen av golvbjälklaget eller enbart öka dess täthet kan energi besparas och en ökad termisk komfort uppnås. Att skapa ett tätare och varmare bottenbjälklag är det mest ekonomiska och energibesparande sättet att förbättra grundkonstruktionen i jämförelse med att till exempel isolera mark eller grundmur (Fredrik, et al., 2014, s. 25; Nevander & Elmarsson, 2006, s. 206; Andersson, et al., 2014, s. 21; Levande hus, u.d., s. 86).

5.3 Problematik

En förbättrad isolering av bottenbjälklaget kan förändra bjälklagets funktion och klimat i både vindsbjälklaget och i krypgrunden. Förändringar i konstruktionens funktion kan i värsta fall leda till fuktskador av bottenbjälklaget (Fredrik, et al., 2011, ss. 25–27).

Grundkonstruktionen utsätts ständigt för höga fuktbelastningar. Från utsidan belastas bottenbjälklaget av bland annat markfukt och från insidan belastas bottenbjälklaget av fukt från inomhusluften. Äldre trähus kan vara otäta och sakna god värmeisolering, varm och fuktig luft kan därmed vandra ut till krypgrunden om det råder övertryck inne i byggnaden.

Denna luft värmer inte bara bottenbjälklaget utan också krypgrunden (Fredrik, et al., 2011, ss. 25–27).

Förbättras bottenbjälklagets täthet och isolering kan den varma och fuktiga inomhusluften inte ta sig ut till krypgrunden. Följden av detta blir en kallare yttemperatur på bottenbjälklagets undre del och en kallare krypgrund. Krypgrunden kommer få en ökad relativ luftfuktighet och tillsammans med den sänkta temperaturen kan fukt fällas ut. Risken för bland annat mikrobiell påväxt i krypgrund och på undersida bottenbjälklag kommer öka i och med att en gynnsammare miljö uppstår. Även risken för rötskador och andra fuktproblem ökar (Fredrik, et al., 2011, ss. 25–27; Fredrik, et al., 2014, s. 27; Petersson, 2009, ss. 158–159, 174–178; Thurell, 2005, s. 82; Samuelson, et al., 2007, s. 8)

En utmaning med en ny isolering och tätning av bottenbjälklaget är anslutningar. Speciellt gäller detta bjälklagsanslutningar mot grundmuren. Bristfälligt utförande av tätning eller områden som inte kan tilläggsisoleras skapar köldbryggor och möjliggör luftrörelser genom bjälklaget. Där varm och fuktig inomhusluft möter bottenbjälklagets kalla ytor kan kondens uppstå och i värsta fall leda till fuktskador i bottenbjälklaget (Petersson, 2009, s. 178).

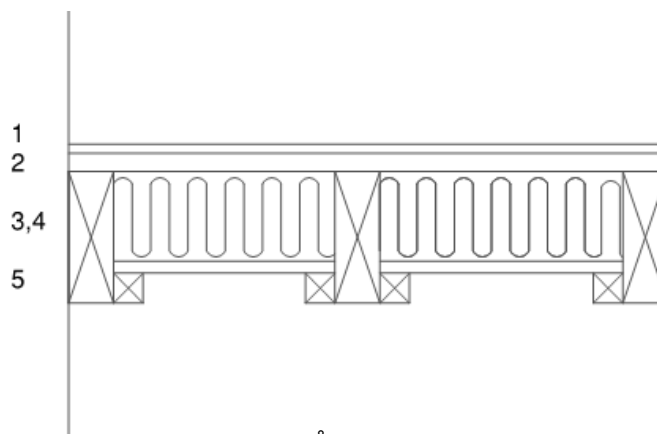
Som tidigare nämnts minskar temperaturen i kryprummet med förbättrad isolering och täthet. Temperatursänkningen av krypgrunden påverkar inte bara bottenbjälklaget, byggnadens syll kommer utsättas för högre relativ fuktighet och tjälens nedträngning kommer öka (Nevander & Elmarsson, 2006, s. 206).

Drag är ett ofta förekommande fenomen i äldre trähus som retar människan, däremot är draget väldigt hälsosamt för golvbjaälklaget eftersom de luftrörelser draget ger upphov till möjliggör att fukt kan torka ut. Enligt Panu Kaila i boken Talotohtori har bottenbjälklag av trä som tätats mot drag många gånger gett upphov till mögel, röta och svamp (Kaila, 1997, ss. 332–343).

5.4 Åtgärdsförslag 1, ny isolering av träfiberull

Detta åtgärdsförslag baserar sig på:

1. Golvträ
2. Papp
3. 75x220 mm Befintliga golvreglar
4. 150 mm Träfiberull
5. Befintlig blindbotten



Figur 40. Åtgärdsförslag 1.

Denna lösning ger bottenbjälklaget en ny isolering av träfiberull som skapar ett varmare och tätare bjälklag. Om bottenbjälklagets delar är i gott skick är ett utbyte av värmeisolering en enkel och lätt metod att utföra för att uppnå ett varmare bjälklag (Månsson & Malmberg, 2002, ss. 65–67; Petersson, 2009, s. 177).

Genom att använda träfiberull som isoleringsmaterial bibehålls träbjälklagets diffusionsöppna och hygroskopiska egenskaper. Därmed kommer konstruktionens funktion inte förändras (Kaila, 1997, s. 470; Thermocell.se, 2014).

Enligt diskussion på Bjerking AB anses detta åtgärdsförslag skapar en varmare konstruktion. Eventuellt kunde en papp placeras på undersidan av isoleringen för att ge ökad täthet. Lösningen åstadkommer stora ingrepp i bjälklaget och kan därmed påverka det kulturhistoriska värdet negativt. En utmaning med åtgärdsförslaget är att uppnå god täthet mellan golvbjälkarnas anslutning mot syllen, uppnås inte god täthet kan köldbryggor uppstå. Konstruktörerna på Bjerking AB anser att valet av träfiberull som isoleringsmaterial skapar en konstruktionslösning av naturliga och diffusionsöppna material, som inte påverkar bjälklagets funktion avsevärt (Diskussionsmöte vid Bjerking 27.1.2017).

5.4.1 Principer, problematik och risker

Detta åtgärdsförslag skapar ett varmare och tätare bottenbjälklag som minskar värmeläckaget genom bottenbjälklaget ned till grunden, det innebär att torpargrunden

kommer bli kallare och risken för fuktproblem ökar. Speciellt i blindbotten ökar risken för fuktskador (Fredrik, et al., 2014, s. 26).

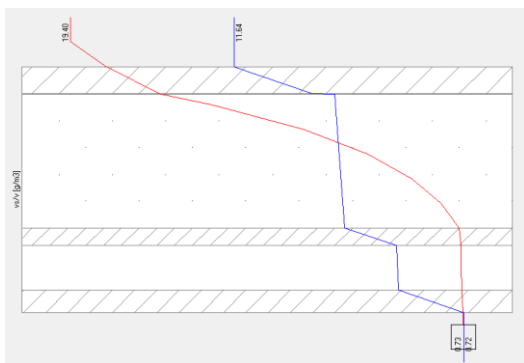
Vid placering av den nya värmeisoleringen kan det vara svårt att fylla ut den i alla håligheter och hörn i bjälklaget. Uppstår brister i tätheten blir det möjligt för luft rörelser att ta sig genom bottenbjälklaget, vilket försämrar bottenbjälklagets värmeisoleringsförmåga. Därför är det av stor vikt att blindbotten förses med vindtätning och att väggens vindtätning går förbi kryprumsbjälklaget (Månsson & Malmberg, 2002, ss. 65–67; Berg, 2009, s. 83).

För att kunna förnya isoleringen av bjälklaget måste golvet brytas upp. Det kan förstöra det befintliga golvet. Ifall golvet är av kulturhistoriskt värde bör därför lösningen noga övervägas. Det finns möjlighet att sätta tillbaka golvet, men detta skulle i sin tur medföra en del arbete (Fredrik, et al., 2014, s. 26).

Är bjälkar eller andra delar av bjälklaget i behov av reparation behöver inte en ny isolering förbättra bjälklagets tillstånd, i värsta fall kan det leda till motsatt effekt. Därför är det viktigt att kontrollera och undersöka bjälklagets tillstånd före en ny isolering görs.

5.4.2 Analys av fukt och värme i konstruktion

Befintligt U-värde sjunkit med över 50 % till 0,27 W/m²K. Utbyte av isolering ger därmed en markant förbättring av bottenbjälklagets värmeisolering. Däremot uppnås inte rekommendationen på 0,15 W/m²K som Boverkets byggregler rekommenderar för bottenbjälklag. I analysen av fuktförhållanden påträffas fukt. Med träfiberisolering borde risken för fuktproblem inte vara stor, tack vare materialets fukttekniska egenskaper (Kaila, 1997, s. 470; Hagentoft, 2002, s. 173; Thermocell.se, 2014).

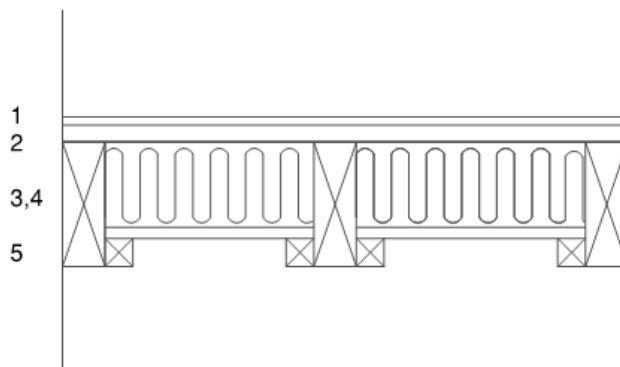


Figur 41. Analys av fuktförhållande av bottenbjälklag med träfiberisolering. Enligt analysen uppstår det fukt i väggkonstruktionen.

5.1 Åtgärdsförslag 2, ny isolering av mineralull samt plastfolie

Detta åtgärdsförslag baserar sig på:

1. Golvträ
2. Plastfolie
3. 75x220 mm Befintliga golvreglar
4. 150 mm Mineralull
5. Befintlig blindbotten



Figur 42. Åtgärdsförslag 2.

En ny värmeisolering av mineralull placeras i bottenbjälklaget. Denna isolering ger bjälklaget en förbättrad värmeisolering och ökar bjälklagets täthet. Ovanpå mineralullen och golvreglarna placeras en plastfolie. Den nya värmeisoleringen skapar ett varmare klimat på bjälklagets över sida och ett kallare klimat på bjälklagets undre sida. Plastfolien hindrar den varma och fuktiga luften att röra sig genom bottenbjälklaget och minskar risken för kondens i bjälklagskonstruktionen. Även otätheter och upplevelsen av drag minskar med detta åtgärdsförslag (Nevander & Elmarsson, 2006, ss. 43–44, 206; Månsson & Malmberg, 2002, ss. 65–67; Petersson, 2009, s. 177; Thurell, 2005, ss. 76–79).

Enligt diskussion på Bjerking AB anses detta åtgärdsförslag vara svårt att uppnå med gott resultat. Den befintliga golvytan måste tas bort, vilket skulle innebära mycket arbete och kan förstöra det kulturhistoriska värdet. Plastfolien är svår att få tät vid anslutningar och

punkteras lätt när golvbeläggning ska placeras ovanpå. Plastfolien kunde istället bytas ut till papp för att skapa en tätare konstruktion mot luft rörelser utan att hindra konstruktionens diffusionsöppna funktion. I diskussionerna vid Bjerking AB framkom även att användningen av plastfolie i diffusionsöppna trähus inte är att rekommendera (Diskussionsmöte vid Bjerking 27.1.2017).

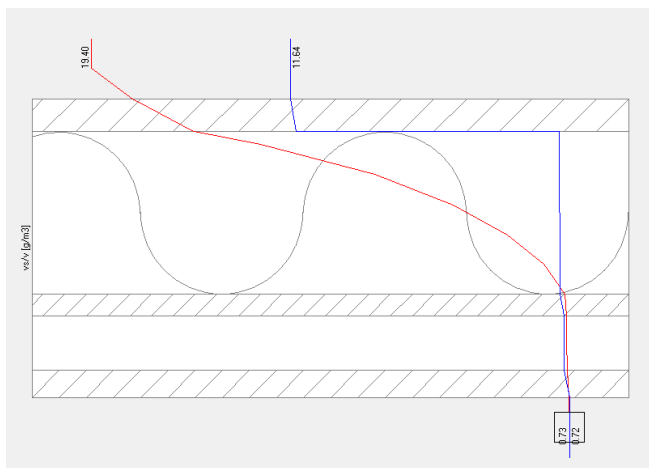
5.1.1 Principer, problematik och risker

Detta åtgärdsförslag förändrar bjälklagets funktion och klimat. Konstruktionen som tidigare varit diffusionsöppen förändras till en icke diffusionsöppen konstruktion. Luft som tidigare kunnat vandra genom bottenbjälklaget stoppas och kan ge upphov till flera negativa följder på konstruktionen. Ett varmare och tätare bjälklag uppstår samtidigt som en kallare krypgrund skapas. Denna förändring kan skapa fuktproblem i konstruktionen. Varm och fuktig luft som vandrar genom konstruktionen möter kalla ytor kondenseras. På grund av plastfolien försvåras möjligheterna för den fukt som uppstår vid kondens att torka ut. Otätheter i plastfolien försämrar även värmeisoleringens effektivitet (Månsson & Malmberg, 2002, ss. 65–67; Fredrik, et al., 2014, s. 26; Berg, 2009, s. 83).

Detta åtgärdsförslag kräver att ett mycket noggrannhet och arbete. Det befintliga golvet måste brytas upp, därmed kan det kulturhistoriska värdet påverkas. Även utförandet av en tät plastfolie är svårt att uppnå (Fredrik, et al., 2014, s. 26).

5.1.2 Analys av fukt och värme i konstruktion

Denna lösning ger bottenbjälklaget ett U-värde på 0,26 W/m²K. De rekommendationer som Boverkets byggregler rekommenderar uppfylls därmed inte. Analysen av fuktförhållanden påvisar inga tecken på kondens i värmeisoleringen. I bjälklagets blindbotten finns en liten risk för kondens. En av orsakerna till denna kondens kan vara den lägre temperatur som skapas av ett tätare och bättre isolerat bjälklag.

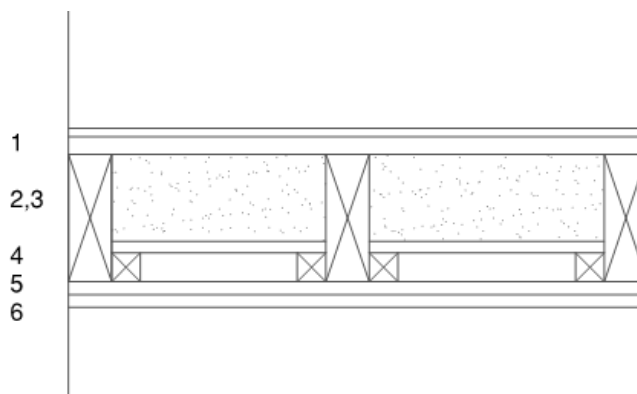


Figur 43. Analys av fuktförhållande av bottenbjälklag med mineralull och plastfolie. Enligt analysen uppstår det en liten mängd fukt i blindbotten.

5.2 Åtgärdsförslag 3, impregnerad träfiberskiva

Detta åtgärdsförslag består av:

1. Befintligt golvträ
2. 75x220 mm Befintliga golvreglar
3. 150 mm Befintlig isolering
4. Befintlig blindbotten
5. 22 mm Impregnerad träfiberskiva
6. 22 mm Impregnerad träfiberskiva



Figur 44 Åtgärdsförslag 3

På undersida bottenbjälklag placeras två stycken 22 mm tjocka impregnerade träfiberskivor. Om bjälklagets isolering består av till exempel sågspån som är i gott skick krävs inget utbyte isolering i bjälklaget. Sågspån anses ha en god värmeisolerande förmåga, därför kan en förbättring av bottenbjälklaget skapas genom att enbart täta bjälklaget med träfiberskivor. De impregnerade träfiberskivorna minskar både otätheter i bjälklaget och lufrörelser i bottenbjälklaget. Genom att sätt träfiberskivor i två lager kan lufrörelser vid otäta skarv

förebyggas, förutsatt att skivornas skarv i de olika lagren inte placeras under varandra (Thurell, 2005, ss. 76–79).

Detta åtgärdsförslag förändrar inte bottenbjälklagets funktion och tillför bottenbjälklaget organiska byggnadsmaterial som tillåter diffusion genom bjälklaget. Träfiberskivorna bör vara impregnerade eftersom det alltid finns fukt i krypgrunden. En impregnerad träfiberskiva anses enligt Bengt-Åke Petersson i boken Byggnadens Klimatskärm (2009) vara lämplig eftersom den är lufttät och samtidigt motståndskraftig mot fukt (Petersson, 2009, s. 178).

Eftersom träfiberskivorna inte ger så mycket värmeisolering till bjälklaget utan bara förbättrar dess täthet kommer inte krypgrunden bli betydligt kallare i jämförelse med tidigare och fuktangrepp undviks därmed. Blindbotten är hårt utsatt för bland annat markfukt, träfiberskivorna som placeras under blindbotten ger därmed ett skydd mot denna påfrestning (Petersson, 2009, s. 178; Thurell, 2005, s. 82).

Med ett tätare bjälklag kommer inblåsning av kall luft in i bjälklaget att förhindras. Det kan ge en effektivare värmeisolering, eftersom luftrörelser i isoleringen minskar. Den termiska komforten ökar i och med att drag genom konstruktionen stoppas (Berg, 2009, s. 83).

Enligt diskussion på Bjerking AB ansågs detta åtgärdsförslag vara en bra åtgärd för att öka bottenbjälklagets täthet, mycket arbete krävs för att utföra åtgärdsförslaget och det ger ett resultat med liten effekt. Förslagsvis kunde en 50 mm tjock isoleringsskiva användas istället, den skulle ge bottenbjälklaget både ökad täthet och värmeisolering (Diskussionsmöte vid Bjerking 27.1.2017).

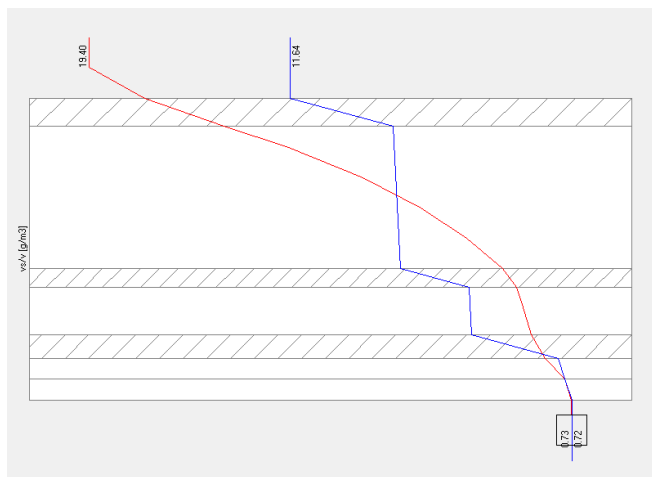
5.2.1 Principer, problematik och risker

För att denna lösning ska kunna utföras krävs gott om utrymme i krypgrunden. Finns det inte utrymme att ta sig in i krypgrunden är en vindtätning under bottenbjälklaget näst intill omöjlig att utföra. En annan nackdel med lösningen är svårigheten med att uppnå täthet vid anslutningar, fås inte en tät anslutning träfiberskivorna emellan samt mot grundmuren kan köldbryggor uppstå (Petersson, 2009, s. 178; Nevander & Elmarsson, 2006, s. 200).

5.2.2 Analys av fukt och värme i konstruktion

Det befintliga U-värdet sjunker med ungefär en tredjedel till $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ med detta åtgärdsförslag. Detta påvisar därmed att träfiberskivorna inte bara ökar bjälklagets täthet utan också ger en ökad värmeisolering av bjälklaget. För att uppnå det U-värde Boverkets Byggregler rekommenderar bör U-värdet ytterligare halveras.

Enligt analysen av fuktförhållande i bottenbjälklaget kan kondens uppstå. Eftersom alla material i konstruktionen består av organiska material borde detta inte skapa problem. Konstruktionens material kan binda och uppta fukt, därmed borde fukten som uppstår inte skada konstruktionen (Kaila, 1997, s. 470).

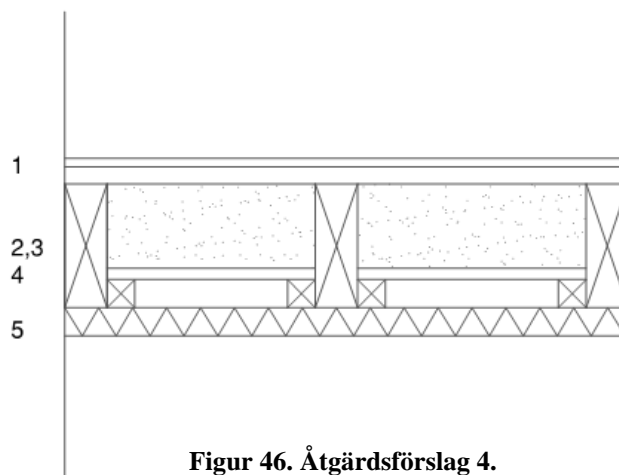


Figur 45 Analys av fuktförhållande i bottenbjälklag med träfiberskivor. Enligt analysen uppstår det fukt i bjälklagskonstruktionens nedre delar.

5.3 Åtgärdsförslag 4, tilläggsisolering under bjälklag

Detta åtgärdsförslag består av:

1. Befintligt golvträ
2. Befintlig fyllning
3. 75x220 mm Befintliga golvreglar
4. Befintlig blindbotten
5. 50 mm Cellplastisolering



Figur 46. Åtgärdsförslag 4.

På bottenbjälklagets undre sida placeras en 50 mm tjock tilläggsisolering. Tilläggsisoleringen skapar ett varmare bottenbjälklag som leder till att bjälklagskonstruktionens delar får en lägre relativ fuktigheten och skyddas därmed mot direkt exponering. Tilläggsisoleringen skapar också ett lufttätare bjälklag. Det minskar luftrörelser i den befintliga isoleringen. I och med att bottenbjälklaget blir tätare minskar även upplevelsen av drag (Fredrik, et al., 2014, s. 26; Levande hus, u.d., s. 86; Berg, 2009, ss. 76, 83; Nevander & Elmarsson, 2006, s. 200).

Det är viktigt att undvika fuktkänsliga material på undersida bottenbjälklag, eftersom detta område utsätts för mycket fukt. En tilläggsisolering av cellplast är därmed lämplig (Petersson, 2009, s. 178).

Enligt diskussion på Bjerking AB anses detta åtgärdsförslag vara en god lösning, om det finns tillräckligt med utrymme i krypgrund för att kunna installera tilläggsisoleringen. Denna lösning skapar ett varmare bottenbjälklag och ökar samtidigt bottenbjälklagets lufttäthet. Konstruktörerna på Bjerking AB poängterar vikten av noggrant fogade skarv, för att uppnå ett gott resultat (Diskussionsmöte vid Bjerking 27.1.2017).

5.3.1 Principer, problematik och risker

Detta åtgärdsförslag hindrar varm luft inifrån att ta sig ut till krypgrunden och kommer därmed sänka temperaturen i krypgrunden. Om varm luft kan läcka genom konstruktionen

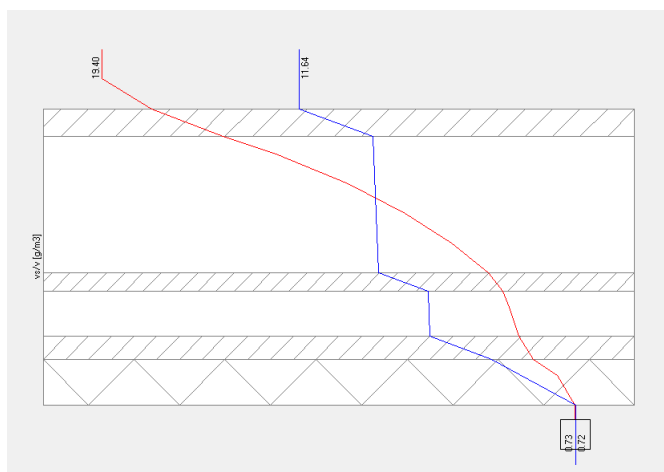
till bottenbjälklagets undre delar finns risken för att kondens uppstår (Fredrik, et al., 2014, s. 26; Nevander & Elmarsson, 2006, s. 200).

Cellplasten är ett syntetiskt material som skapar en icke diffusionsöppen konstruktion. Bjälklagets funktion kan därmed påverkas av detta åtgärdsförslag. Enligt boken Talotohtori skriven av Panu Kaila (1997) bör träkonstruktioner inte tillföras syntetiska material, eftersom det kan påverka bjälklagets funktion (Kaila, 1997, s. 470; Thermocell.se, 2014; Månsson & Malmberg, 2002, ss. 65–67).

Tilläggsisoleringens skarvar måste tätas noga, det bör även beaktas att bottenbjälklaget som i övrigt består av trämaterial kan röra på sig och skapa otätheter vid skarv. Om otätheter uppstår i konstruktionen kan fuktig luft som rör sig genom bjälklaget ge upphov till fuktproblem (Månsson & Malmberg, 2002, ss. 63–66).

5.3.2 Analys av värme och fukt i konstruktionen

Denna lösning ger bottenbjälklaget ett U-värde på 0,29 W/m²K. Det värde som Boverkets Byggregler rekommenderar uppnås inte. I analysen av fukt påträffas en risk för kondens i bjälklaget. En orsak till detta kan vara cellplastens fukttäta funktion, fukt som tidigare kunnat vandra genom bjälklaget stoppas och lämnar kvar ovanpå cellplasten (Månsson & Malmberg, 2002, s. 64).

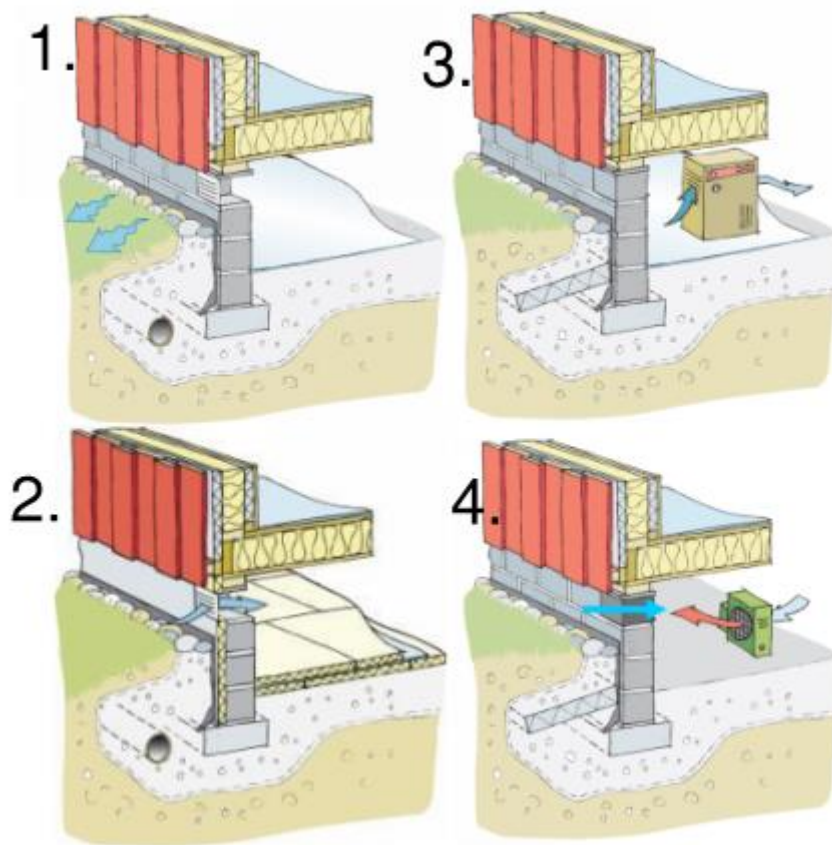


Figur 47 Analys av fuktförhållande i bottenbjälklag med tilläggsisolering på undersida bjälklag. Enligt analysen uppstår det fukt i bjälklagskonstruktionen.

5.4 Krypgrund

En ökad täthet av bottenbjälklaget skapar en kallare krypgrund och ökar grundkonstruktionens fuktkänslighet. Därför är det viktigt att inte bara åtgärda bottenbjälklaget utan också se över krypgrunden. För att skapa fuktsäkerhet i grundkonstruktionen är det viktigt att miljön i krypgrunden är tillfredställande (Petersson, 2009, ss. 174–178).

Detta kan uppnås genom att se till att krypgrunden kan ventilera ut fukt och har god luftomsättning. Det kan till exempel uppnås med extra ventilation genom luftventiler i grundmurarna. Det är viktigt att förhindra möjliga fukttillskott som till exempel nederbördsvatten, markvatten, avdunstning från mark och inomhusfukt att nå krypgrund. Se till att det inte finns organiska material i krypgrunden och att ett dränerande skikt finns som kan leda bort vatten. En plastfolie kan placeras på marken för att skapa en torrare grund. Även en isolering av grundbotten kan installeras för att höja temperaturen i grunden och minska fuktbelastningen. Andra åtgärder som kan utföras för att skapa en god miljö i krypgrunden är att isolera grundmurarna, installera luftfuktare eller frånluftsfläktar som tillför värme till krypgrunden (Fredrik, et al., 2014, s. 27; Nevander & Elmarsson, 2006, s. 193; Petersson, 2009, ss. 174–178; Andersson, et al., 2014, s. 22).



Figur 48. Olika alternativ för att minska fuktighet i krypgrund.

Bild 1: Minska avdunstning från marken.

Bild 2: Värmeisolera marken.

Bild 3: Installera avfuktare.

Bild 4: Installera värmekälla.
(Fredrik, et al., 2014, p. 28)

Noggrannare information om åtgärder i krypgrund kan studeras i till exempel Fukthandboken skriven av Lars Erik Nevander och Bengt Elmarsson (2006). Det finns många olika åtgärder för att skapa en god miljö i krypgrunden, vilka åtgärder som lämpar sig bäst är olika från fall till fall. Det är därför viktigt att utreda vilka förutsättningar och vilka faktorer som påverkar den aktuella krypgrunden.

6 Sammanfattning

De åtgärdsförslag som presenteras i denna text belyser problematiken med täta och icke täta åtgärder, valet av material och hur tilläggsisoleringen påverkar förhållanden och funktionen av konstruktionen. Tydliga svar och lösningar saknas, därför är det av stor vikt att utgå från det specifika objektet, studera dess förutsättningar och funktion och utgå från detta före val av åtgärd bestäms. Att uppnå de U-värden Boverkets byggregler rekommenderar vid ändring av byggnad utan att äventyra konstruktionens funktion och beständighet är en stor utmaning.

Litteraturförteckning

2010/31/EU, 2010. *Europaparlamentets och rådets direktiv om byggnadens energiprestanda*. u.o.:Europeiska unionens officiella tidning.

2012/27/EU, 2012. *Europaparlamentets och rådets direktiv om energieffektivitet, om ändring av direktiven 2009/125/EG och 2010/30/EU och om upphävande av direktiv 2004/8/EG och 2006/32/EG*. u.o.:Europeiska unionens officiella tidning.

Andersson, A., 2012. *Planering och utförande av konstruktioner och detaljer för lågenergi- och passivhus*. Översättning, Tammerfors: Tampere Teknillinen Yliopisto.

Andersson, C. o.a., 2014. *Energimyndigheten*. [Online]
Available at: <https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=2829>
[Använd 17 01 2017].

BBR, Boverkets byggregler 2012., u.d. *Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler. Föreskrifter och allmänna råd. Avsnitt 9.92*. u.o.:u.n.

Berg, S., 2009. *Byggteknik, Byt4, stommar av betong, trä och stål och byggnadens klimatskydd*. Stockholm: Lärnö AB.

Bilaga till regeringsbeslut 2014, u.d. *Sveriges tredje nationella handlingsplan för energieffektivisering*. u.o.:Sveriges regering.

Bjerking, S.-E., 1974. *Ombyggnad. Hur bostadshusen byggdes 1880-1940*. Stockholm: Statens institut för byggforskning.

Björk, C., Kallstenius, P. & Rappen, L., 2003. *Så byggdes husen 1880-2000*. 5 red. Stockholm: Formas förlag.

Björk, C., Kallstenius, P. & Reppen, L., 1988. *Sekelskiftets byggteknik*. 3 red. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Björk, C., Nordling, L. & Reppen, L., 2009. *Så byggdes villan*. 2 red. Värnamo: Författarna och forskningsområdet Formas.

Burström, P. G., 2001. *Byggnadsmaterial; Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Lund: Studentlitteratur.

Bygginfo, 1980. *Rätt i bygget. Värmeisolering, täthet, ventilation..* Stockholm: Bygginfo skolan.

D3 Finlands byggbestämmelsesamling, u.d. *Byggnadens energiprestanda. Föreskrifter och anvisningar 2012..* u.o.:Miljöministeriet, avdelning för den byggda miljön.

Ekofiber, 2016. [Online]
Available at: www.ekofiber.se
[Använd 19 12 2016].

Fredrik, S., Eva, S. & Thorbjörn, G., 2014. *Energibesparingspotential och byggnadsfysikaliska konsekvenser vid energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945.*, Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Fredrik, S., Magdalena, L. & Peter, Y., 2011. *SP Rapport. Hållbar och varsam renovering och energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader. En förstudie.*, u.o.: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Gyproc, 2010. *Gyproc handbok*. 1 red. Bålsta: Gyproc AB.

Hagentoft, C.-E., 2002. *Vandrande fukt, strålande värme*. Lund: Studentlitteratur AB.

Harmin, G., 1996. *Byggteknik. Del A: Husbyggnad*. Göteborg: AMG Harmin.

Isover, 2017. [Online]
Available at: <http://www.isover.se/isolera-yttervagg-utifran-med-tva-lager-isolering>
[Använd 5 2 2017].

Kaila, P., 1997. *Talotohtori*. Porvoo: WSOY-Kirjanpainoyksikkö.

Krakenberger, G., 1996. *Fukt. En handbok i anslutning till Boverkets byggregler.* Stockholm: AB Svensk byggtjänst.

Levande hus, u.d. *Ett idemagasin för husägare*. Isover.se. [Online]
Available at: Isover.se
[Använd 1 10 2016].

- Lidgren, C., 1987. *Fukt- och mögelinventering av småhus i Hässleholms kommun*, Lund: Examensarbete: Tekniska Högskolan i Lund.
- Månsson, J. & Malmberg, A. a., 2002. *Trähus, En handbok*. 1 red. Stockholm: Prisma Bokförlag.
- Nevander, L. E. & Elmarsson, B., 2006. *Fukthandbok*. Tredje red. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
- Nielsen , J., Stensgård, S., Wagner, J. & Svendsen, P., 2007. *Gör det själv lexikon, isolering och ventilation*. 1 red. u.o.:Bonnier Publications .
- Odén, P., 2010. *Tilläggsisolering av timmerstommar med alternativa isoleringsmaterial*, Göteborg: Uppsats för avläggande av högskoleexamen i kulturvård, Bygghantverk: Göteborgs universitet.
- Olsson , L. E., 1994. *Gamla Hus. Undesöka och åtgärda..* Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
- Olsson, L., 2001. Torra tak. *Bygg och teknik*, 10 01, pp. 17-22.
- Petersson, B.-Å., 2009. *Byggnadens Klimatskärm*. 1 red. Lund: Studentlitteratur AB.
- Petersson, B.-Å., 2013. *Tillämpad byggfysik*. 5 red. Lund: Studentlitteratur AB.
- Puurunen, H., 2016. *Museiverket*. [Online]
Available at: <http://www.nba.fi/fi/File/2111/korjauskortti-2.pdf>
[Använd 30 3 2017].
- Samuelson, I., Arfvidsson, J. & CHagentoft, C.-E., 2007. *Få bukt med fukt*. Stockholm: Forskningsområdet Formas.
- Sandberg, P. I., Mjörnell, K. & Sikander, E., (u.å). *Fuktsäkerhet.se*. [Online]
Available at: <http://fuktsakerhet.se/sv/fukt/Sidor/default.aspx>
[Använd 4 11 2016].
- Ståhl, F., Lundh, M. & Ylmén, P., 2011. *Hållbar och varsam renovering och energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader*, Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Termex, 2017. [Online]

Available at: www.termex.fi

[Använd 30 1 2017].

Thermocell, 2014. [Online]

Available at: www.thermocell.se

[Använd 5 1 2017].

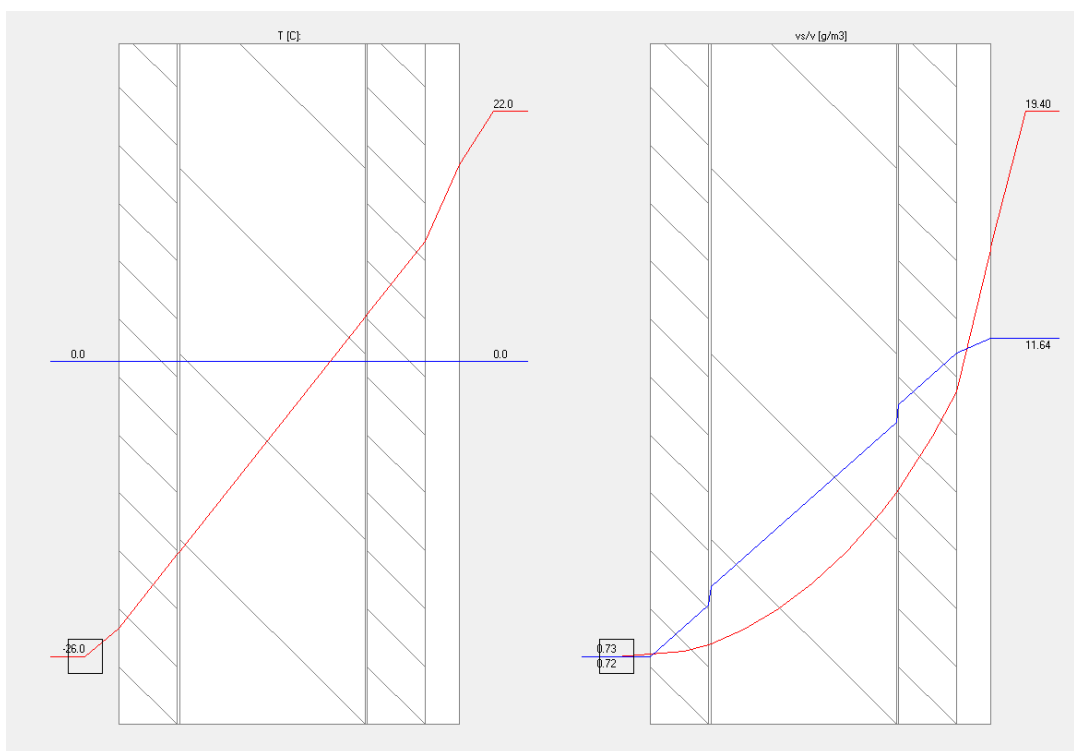
Thurell, S., 2005. *Vårda och renovera trähus*. 1 red. Stockholm: Natur och kultur, allmänlitteratur.

Beräkningsresultat, program DOF-Lämpö

Befintlig yttervägg

Nr:	Skikt:	T [mm]:	lambda [W/mK]:	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]:	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga:	I beräkning:
1	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
2	Tervapaperi	1.00	0.1400	3.200000e-13	0.00	0.00	NEJ	JA
3	Puu (mänty)	80.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
4	Tervapaperi	1.00	0.1400	3.200000e-13	0.00	0.00	NEJ	JA
5	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
6	Puukuitulevy, puolikova	15.00	0.0800	5.750000e-12	0.00	700.00	NEJ	JA

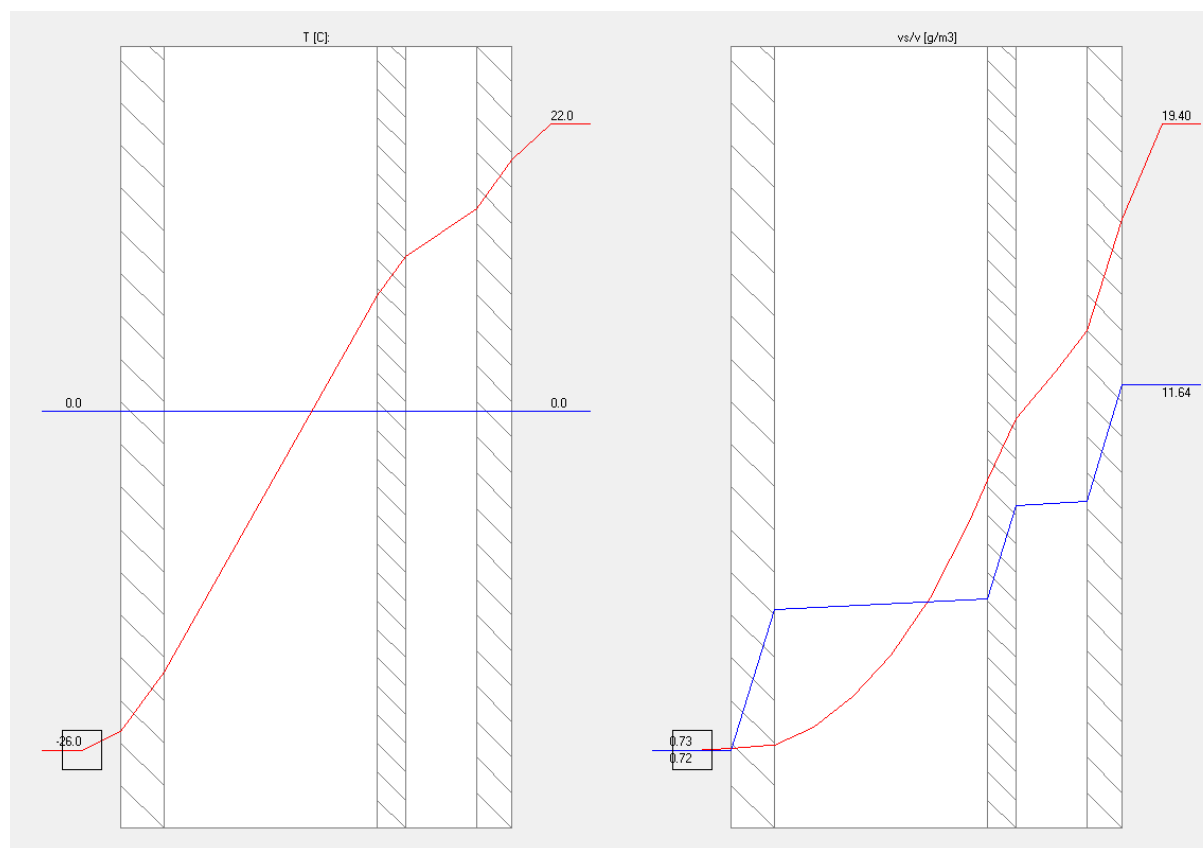
Data:	Värde:
U-värde:	0.75 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	90.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	147.000 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	15460.748 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000065 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	1.330 m2K/W
Vikt:	72.90 kg
Pris:	0.00 euro



Befintligt vindsbjälklag

Nr:	Skikt:	T [mm]:	lambda [W/mK]:	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]:	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga:	I beräkning:
1	Puu (mänty), antas	30.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
2	Sahanpuru	150.00	0.1100	1.833333e-10	0.00	160.00	JA	JA
3	Puu (mänty), antas	20.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
4	Spikregler och luftrum 50mm	50.00	0.2940	1.833333e-10	0.00	0.00	JA	JA
5	Puu (mäntv)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA

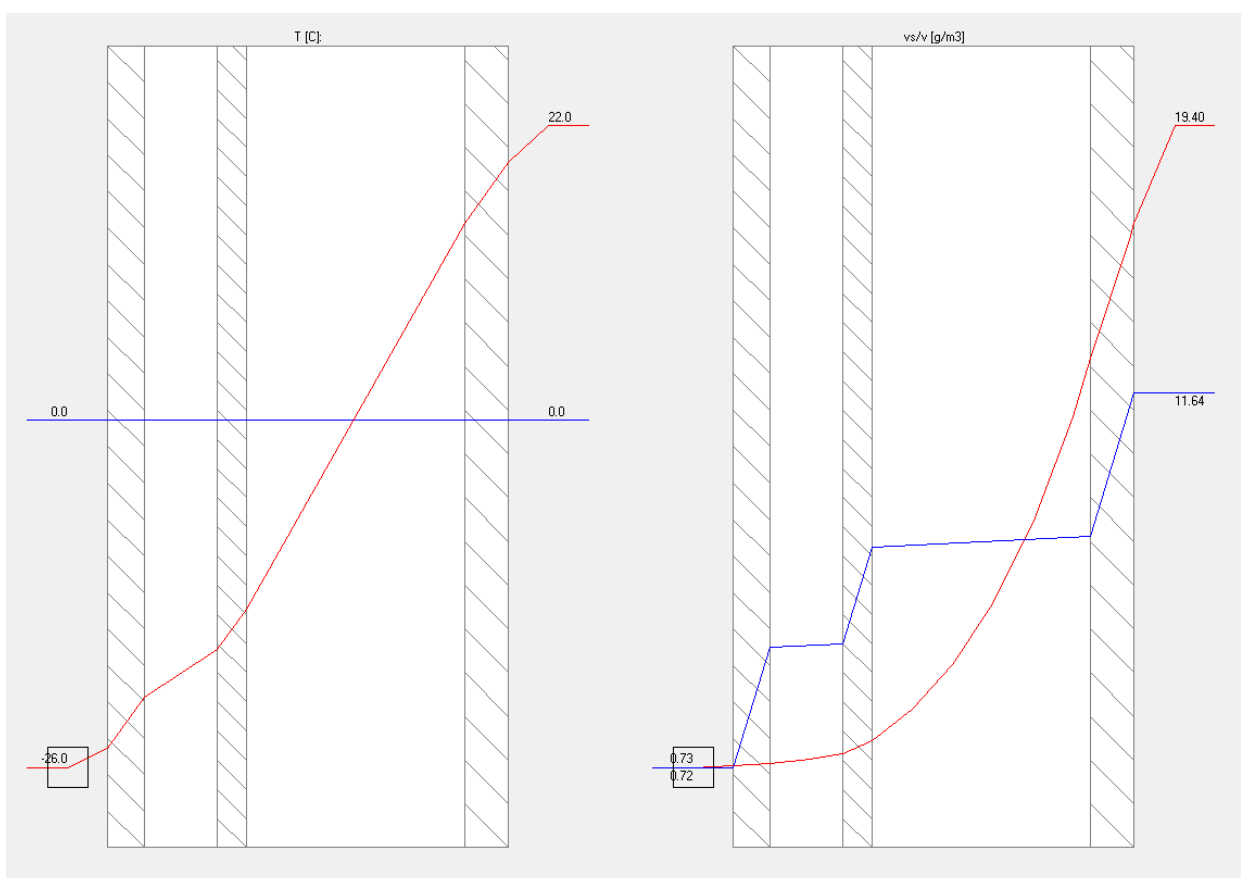
Data:	Värde:
U-värde:	0.44 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	0.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	275.000 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	7803.030 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000128 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	2.272 m2K/W
Vikt:	68.40 kg
Pris:	0.00 euro



Befintligt bottenbjälklag

Nr	Skikt	T [mm]	lambda [W/mK]	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga	I beräkning
1	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
2	Spikregler och lufttrum 50mm	50.00	0.2940	1.833333e-10	0.00	0.00	JA	JA
3	Puu (mänty), antas	20.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
4	Sahanpuru	150.00	0.1100	1.833333e-10	0.00	160.00	JA	JA
5	Puu (mänty), antas	30.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA

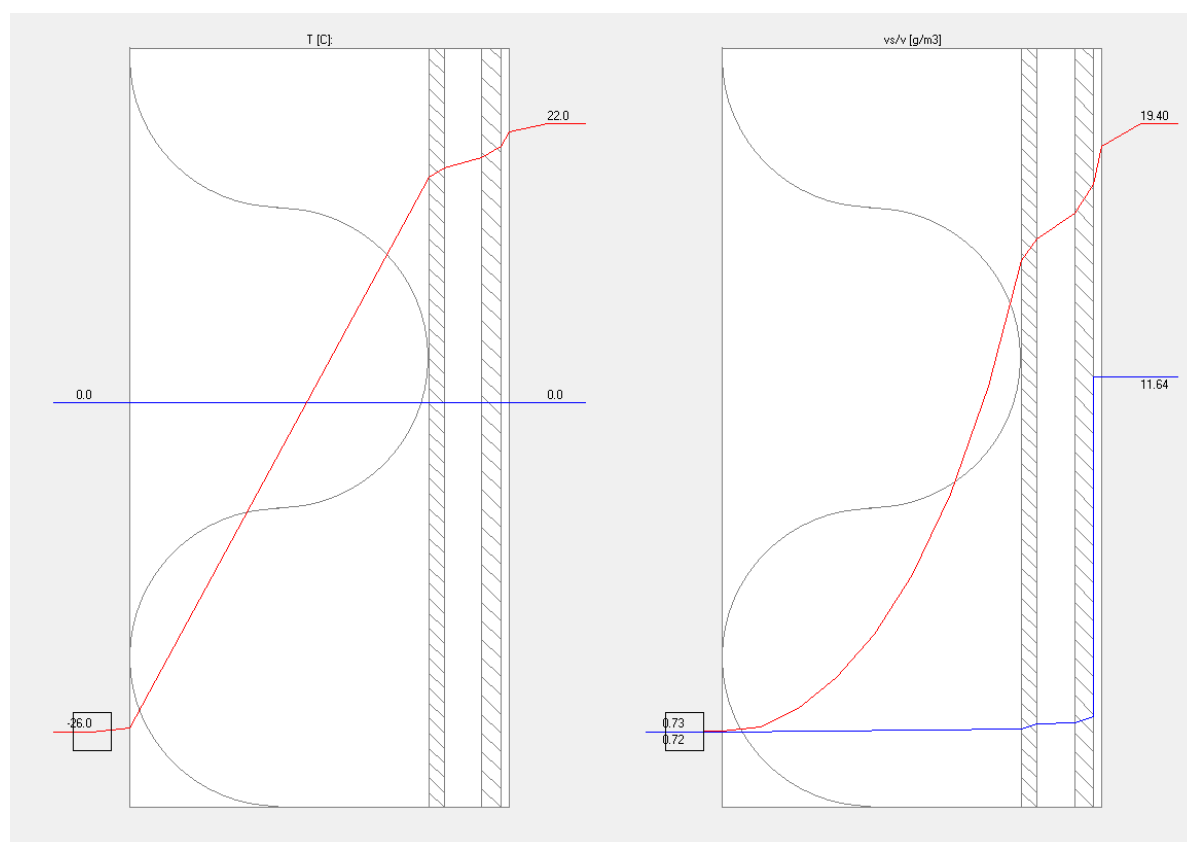
Data:	Värde:
U-värde:	0.44 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	0.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	275.000 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	7803.030 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000128 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	2.272 m2K/W
Vikt:	68.40 kg
Pris:	0.00 euro



Vindsbjälklag, åtgärdsförslag 1: mineralull, plastfolie och skiva.

Nr.	Skikt:	T [mm]:	lambda [W/mK]:	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]:	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga:	I beräkning:
1	Mineraalvilla	400.00	0.0460	1.050000e-10	0.00	30.00	JA	JA
2	Puu (mänty), antas	20.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
3	Spikregler och lufttrum 50mm	50.00	0.2940	1.833333e-10	0.00	0.00	JA	JA
4	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
5	Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	4.444444e-16	0.00	900.00	NEJ	JA
6	Puukuitulevy, huokoinen	12.00	0.0550	3.000000e-11	0.00	350.00	NEJ	JA

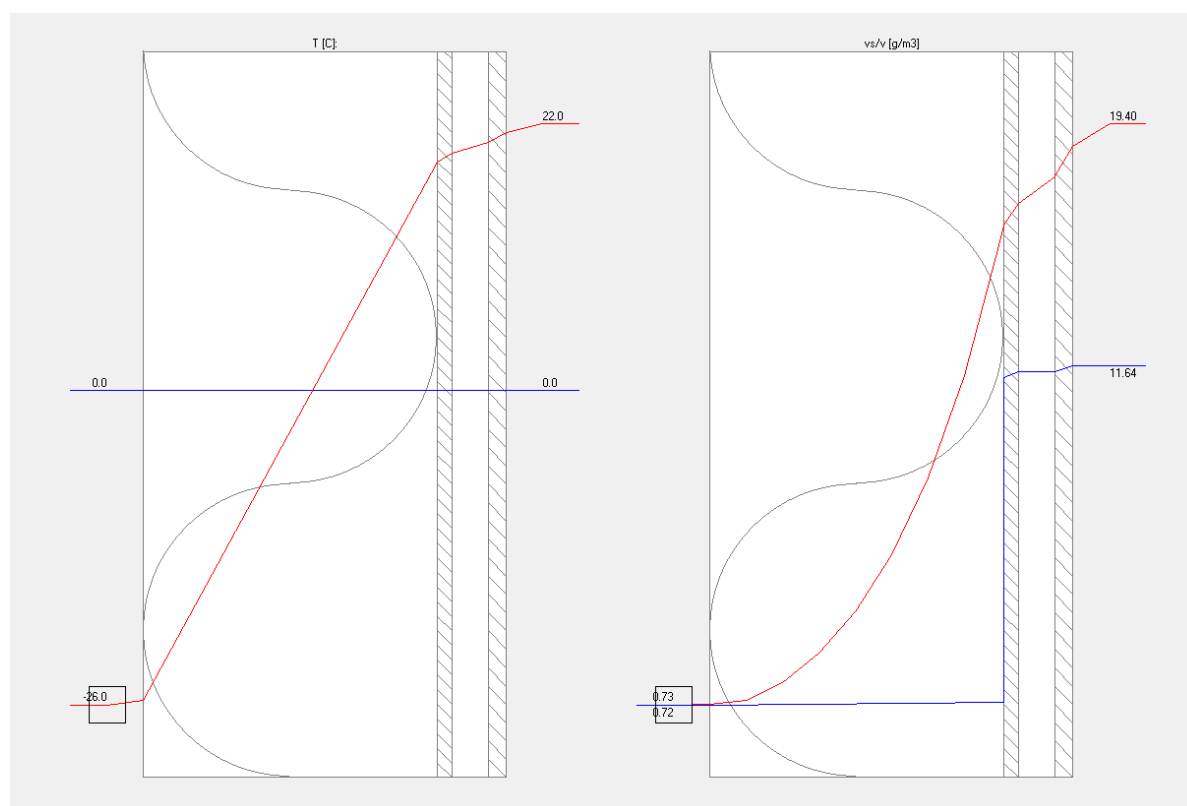
Data:	Värde:
U-värde:	0.12 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	0.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	507.200 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	130745.082 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000008 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	8.582 m2K/W
Vikt:	56.28 kg
Pris:	0.00 euro



Vindsbjälklag, åtgärdsförslag 2: mineralull och plastfolie.

Nr:	Skikt:	T [mm]:	lambda [W/mK]:	ÅGS [kg/msPa]:	Pris [euro/m3]:	Vikt [kg/m3]:	Köldbrygga:	I beräkning:
1	Mineraalvilla	400.00	0.0460	1.050000e-10	0.00	30.00	JA	JA
2	Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	4.444444e-16	0.00	900.00	NEJ	JA
3	Puu (mänty), antas	20.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
4	Spikregler och luftrum 50mm	50.00	0.2940	1.833333e-10	0.00	0.00	JA	JA
5	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA

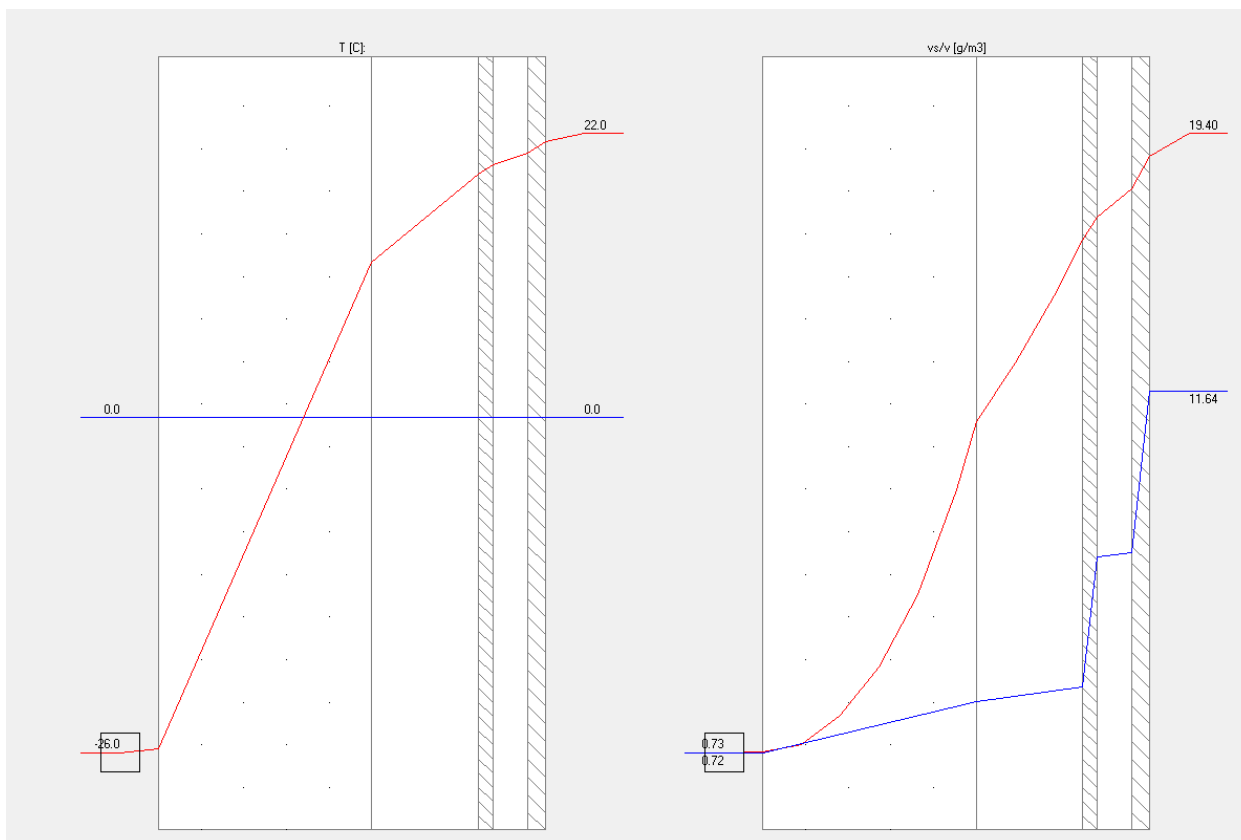
Data:	Värde:
U-värde:	0.12 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	0.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	495.200 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	130633.971 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000008 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	8.351 m2K/W
Vikt:	52.08 kg
Pris:	0.00 euro



Vindsbjälklag, åtgärdsförslag 3: träfiberisolering på befintlig värmeisolering.

Nr	Skikt	T [mm]	lambda [W/mK]	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga	I beräkning
1	Puukuitueriste	300.00	0.0400	1.050000e-10	0.00	35.00	NEJ	JA
2	Sahanpuru	150.00	0.1100	1.833333e-10	0.00	160.00	JA	JA
3	Puu (mänty), antas	20.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
4	Spikregler och luftrum 50	50.00	0.2940	1.833333e-10	0.00	0.00	JA	JA
5	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA

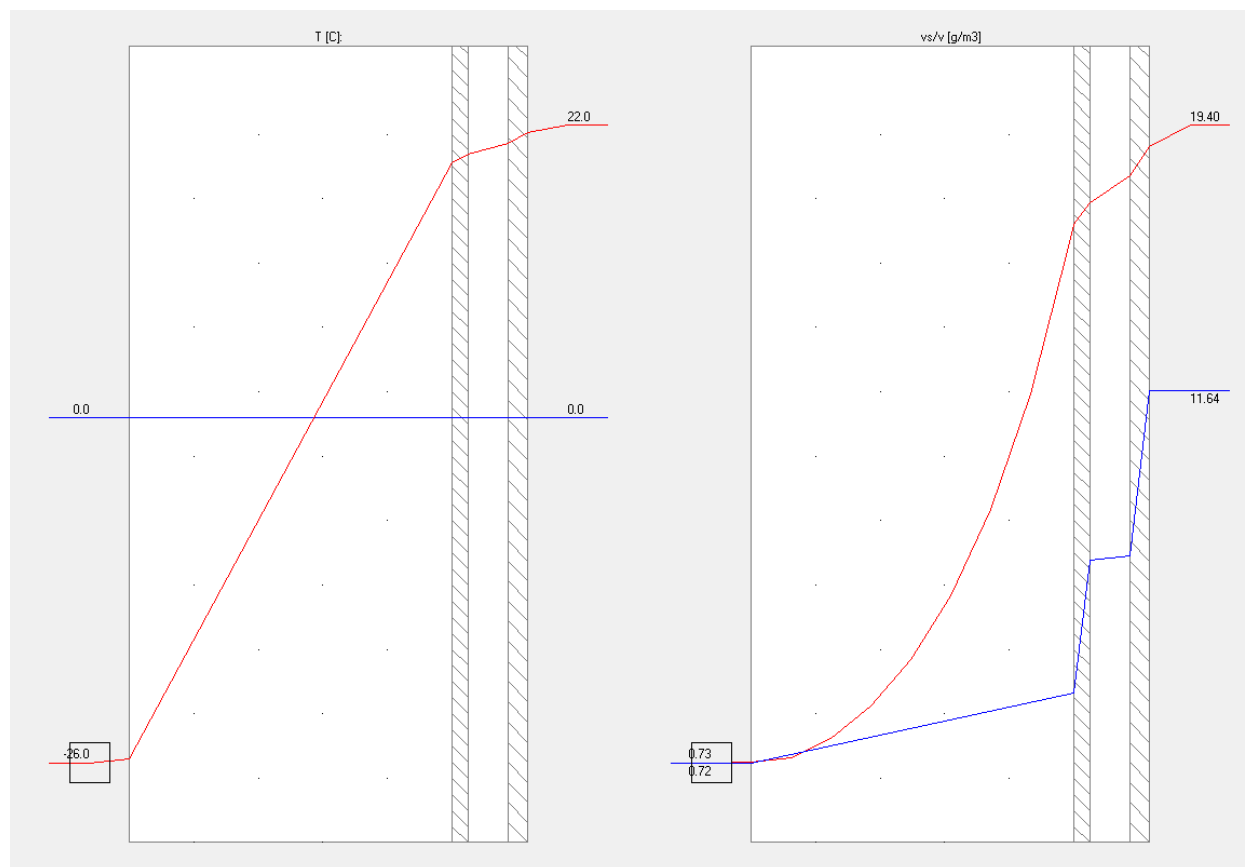
Data:	Värde:
U-värde:	0.10 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	0.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	545.000 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	5596.681 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000179 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	9.559 m2K/W
Vikt:	64.50 kg
Pris:	0.00 euro



Vindsbjälklag, åtgärdsförslag 4: ny isolering av träfiber.

Nr	Skikt	T [mm]	lambda [W/mK]	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga:	I beräkning:
1	Puukuitueriste	400.00	0.0400	1.050000e-10	0.00	35.00	JA	JA
2	Puu (mänty), antas	20.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
3	Spikregler och lufttrum 50mm	50.00	0.2940	1.833333e-10	0.00	0.00	JA	JA
4	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA

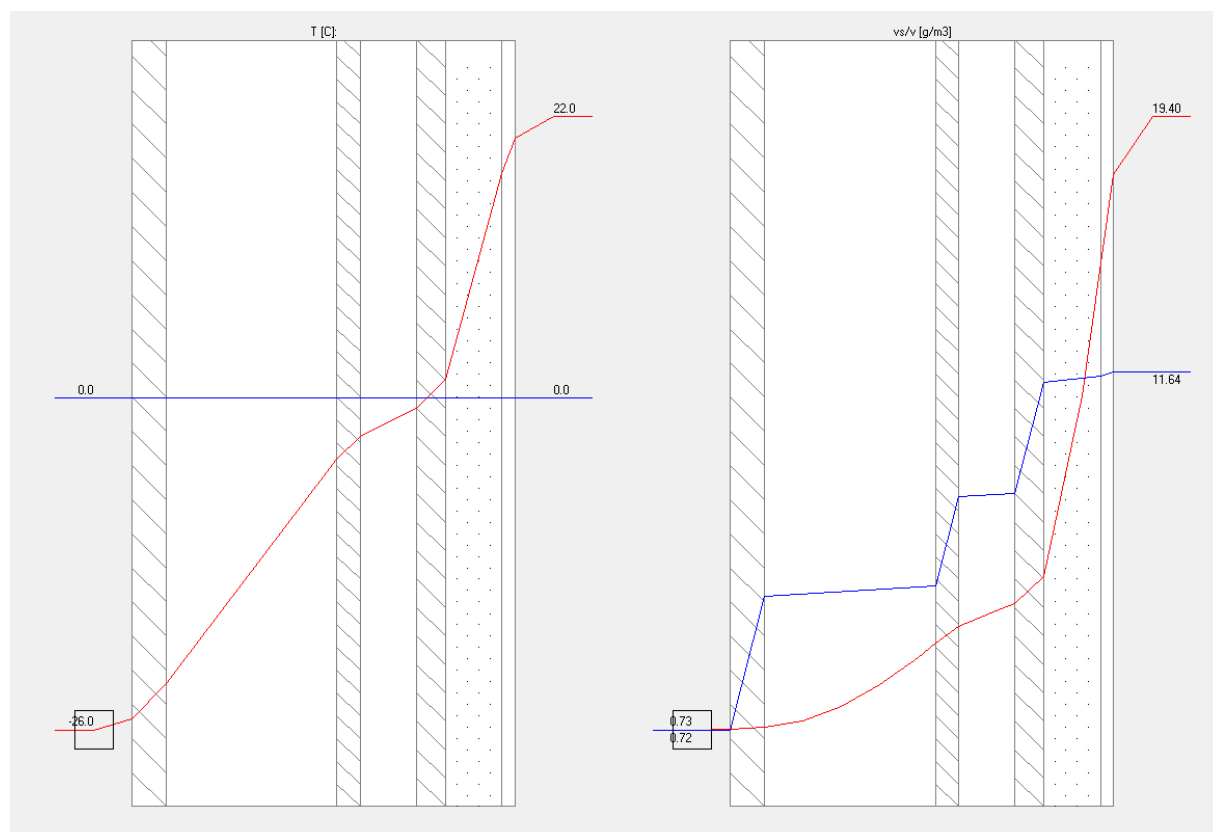
Data:	Värde:
U-värde:	0.11 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	0.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	495.000 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	5633.958 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000177 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	9.266 m2K/W
Vikt:	53.75 kg
Pris:	0.00 euro



Vindsbjälklag, åtgärdsförslag 5: skivisolering av träfiber under vindsbjälklag.

Nr:	Skikt:	T [mm]:	lambda [W/mK]:	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]:	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga:	I beräkning:
1	Puu (mänty), antas	30.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
2	Sahanpuru	150.00	0.1100	1.833333e-10	0.00	160.00	JA	JA
3	Puu (mänty), antas	20.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
4	Spikregler och luftrum 50mm	50.00	0.2940	1.833333e-10	0.00	0.00	JA	JA
5	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
6	Puukuitueriste	50.00	0.0400	1.050000e-10	0.00	35.00	NEJ	JA
7	Puukuitulevy, huokoinen	12.00	0.0550	3.000000e-11	0.00	350.00	NEJ	JA

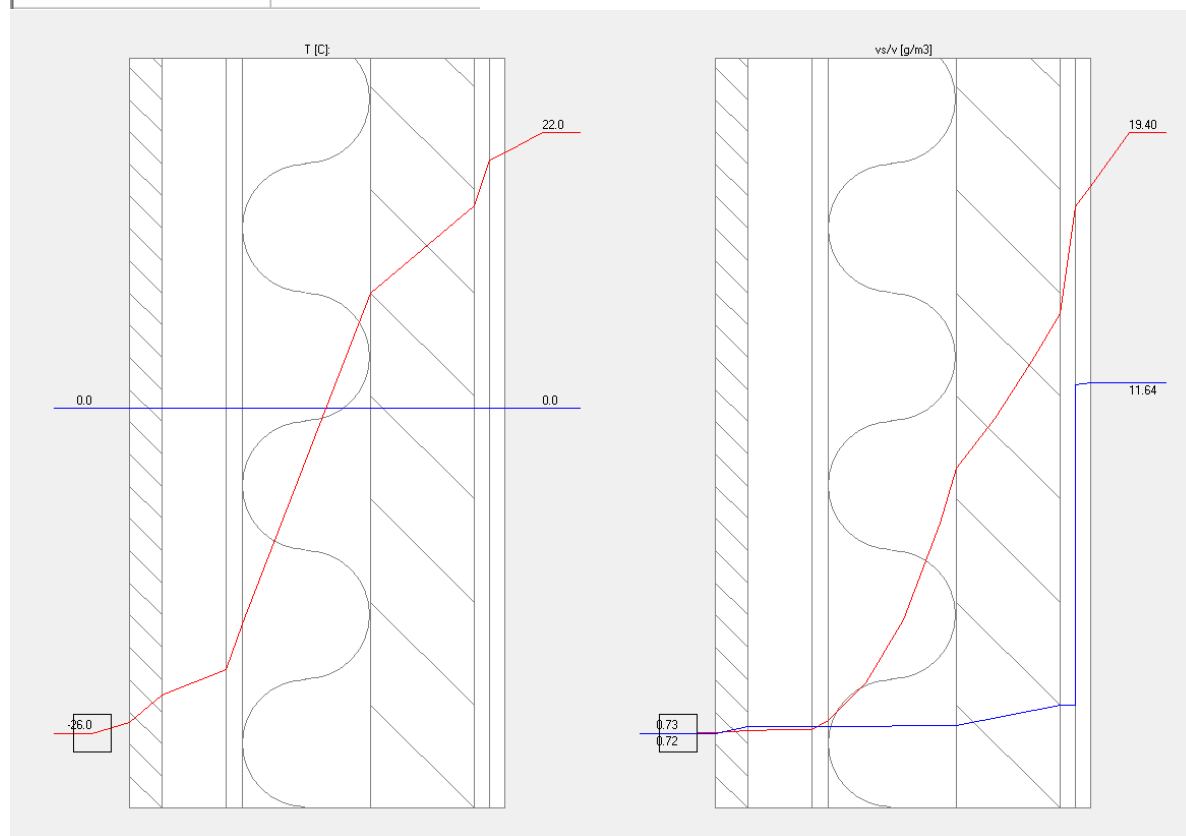
Data:	Värde:
U-värde:	0.27 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	0.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	337.000 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	8046.416 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000124 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	3.741 m2K/W
Vikt:	74.35 kg
Pris:	0.00 euro



Yttervägg, åtgärdsförslag 1: utvändig tilläggsisolering av mineralull.

Nr:	Skikt:	T [mm]:	lambda [W/mK]:	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]:	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga:	I beräkning:
1	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
2	Tuulettumaton ilmarako 50 mm	50.00	0.2940	1.833333e-10	0.00	0.00	JA	JA
3	Puukuitulevy, huok. bitumi	12.00	0.0550	1.900000e-11	0.00	350.00	NEJ	JA
4	Mineraalivilla	100.00	0.0460	1.050000e-10	0.00	30.00	JA	JA
5	Puu (mänty)	80.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
6	Puukuitulevy, huokoinen	12.00	0.0550	3.000000e-11	0.00	350.00	NEJ	JA
7	Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	4.444444e-16	0.00	900.00	NEJ	JA
8	Kipsilevy	12.00	0.2400	4.500000e-12	0.00	1200.00	NEJ	JA

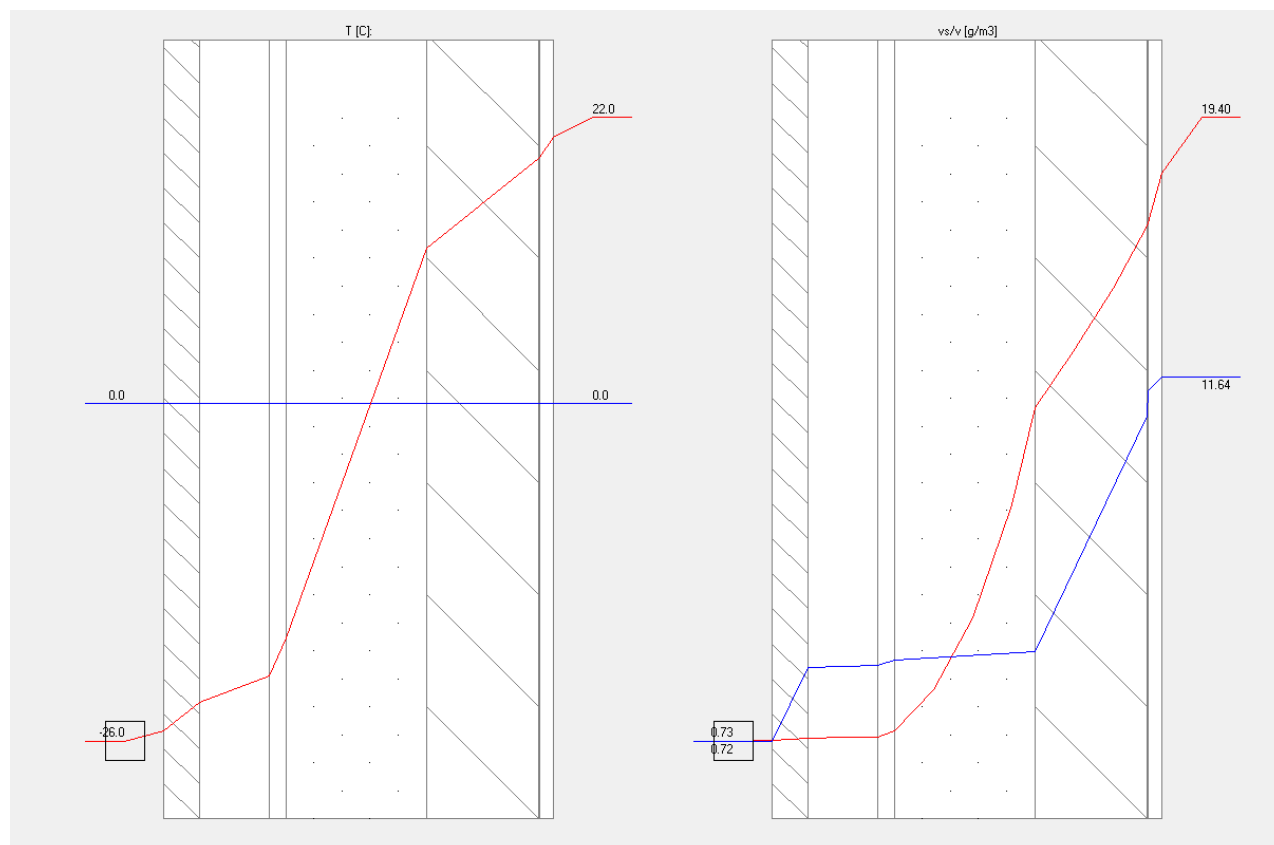
Data:	Värde:
U-värde:	0.28 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	90.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	291.200 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	136867.610 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000007 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	3.569 m2K/W
Vikt:	81.44 kg
Pris:	0.00 euro



Yttervägg, åtgärdsförslag 2: utvändig tilläggsisolering av träfiber.

Nr	Skikt	T [mm]	lambda [W/mK]	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga	I beräkning
1	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
2	Tuulettumaton ilmarako 50 mm	50.00	0.2940	1.833333e-10	0.00	0.00	NEJ	JA
3	Puukuitulevy, huok. bitumi	12.00	0.0500	1.900000e-11	0.00	350.00	NEJ	JA
4	Puukuitueriste	100.00	0.0400	1.050000e-10	0.00	35.00	JA	JA
5	Puu (mänty)	80.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
6	Tervapaperi	1.00	0.1400	3.200000e-13	0.00	0.00	NEJ	JA
7	Puukuitulevy, puolikova	10.00	0.0800	5.750000e-12	0.00	700.00	NEJ	JA

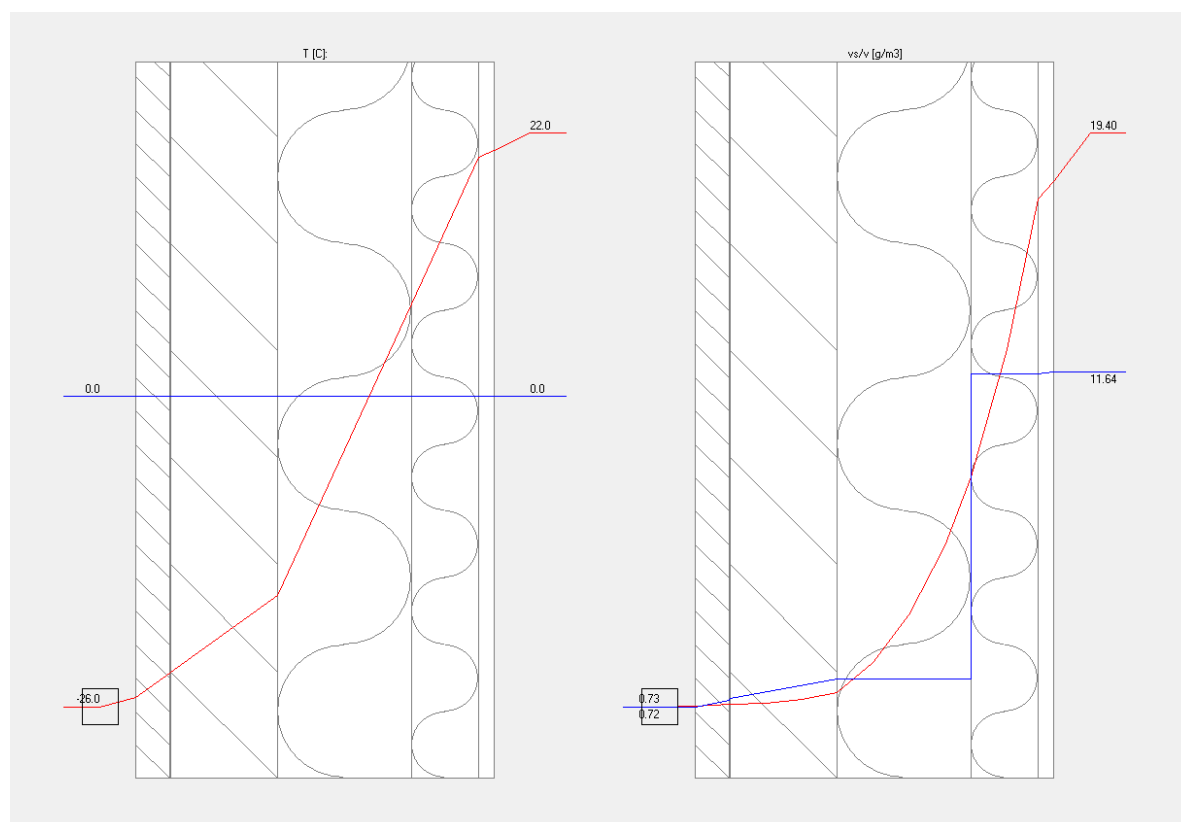
Data:	Värde:
U-värde:	0.27 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	90.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	278.000 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	12366.893 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000081 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	3.681 m2K/W
Vikt:	68.44 kg
Pris:	0.00 euro



Yttervägg, åtgärdsförslag 3: Yttervägg, invändig tilläggsisolering av mineralull i två skikt.

Nr:	Skikt:	T [mm]:	lambda [w/mK]:	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]:	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga:	I beräkning:
1	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
2	Tervapaperi	1.00	0.1400	3.200000e-13	0.00	0.00	NEJ	JA
3	Puu (mänty)	80.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
4	Mineralull med horisontell	100.00	0.0460	1.050000e-10	0.00	30.00	JA	JA
5	Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	4.444444e-16	0.00	900.00	NEJ	JA
6	Mineralull med vertikala r	50.00	0.0460	1.050000e-10	0.00	30.00	JA	JA
7	Kipsilevy	12.00	0.2400	4.500000e-12	0.00	1200.00	NEJ	JA

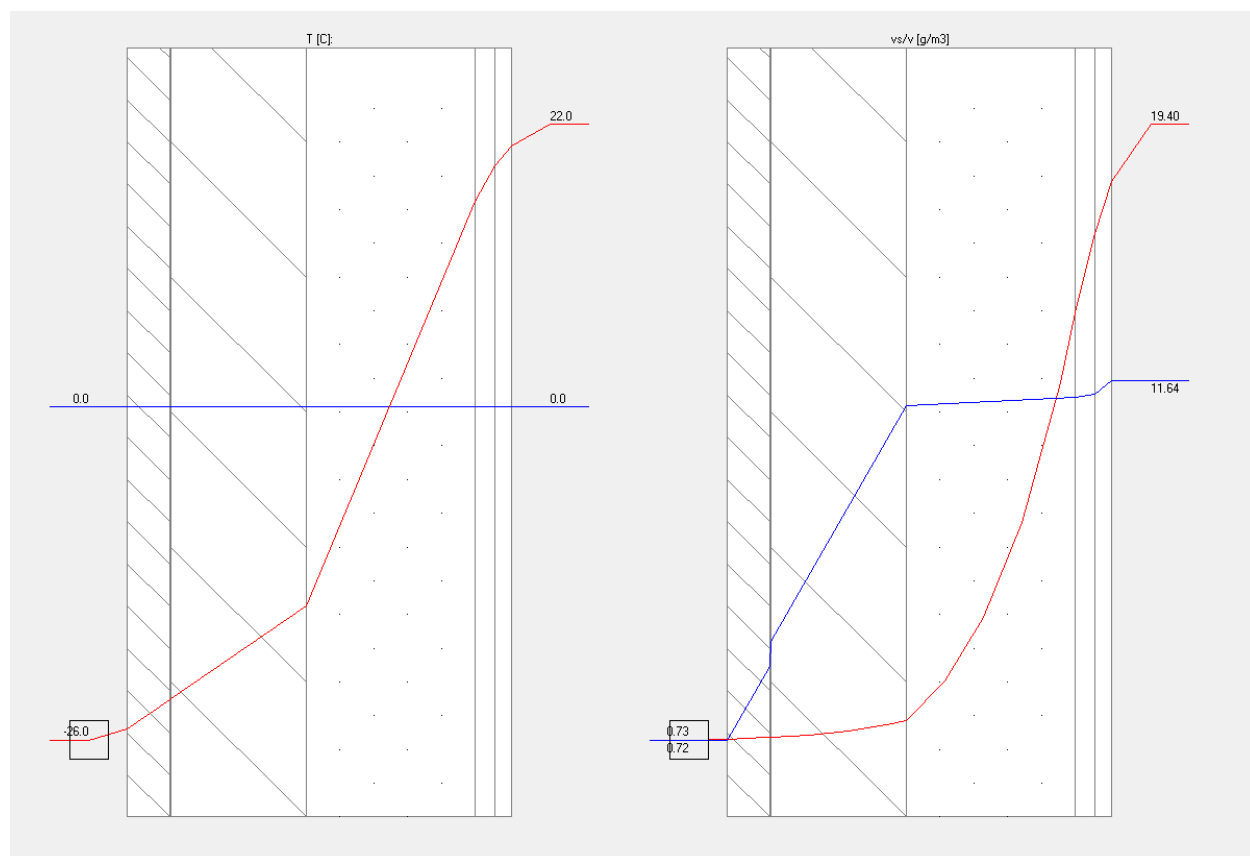
Data:	Värde:
U-värde:	0.26 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	90.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	268.200 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	137505.633 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000007 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	3.896 m2K/W
Vikt:	74.54 kg
Pris:	0.00 euro



Yttervägg, åtgärdsförslag 4: invändig tilläggsisolering av träfiber.

Nr:	Skikt:	T [mm]:	lambda [W/mK]:	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]:	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga:	I beräkning:
1	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
2	Tervapaperi	1.00	0.1400	3.200000e-13	0.00	0.00	NEJ	JA
3	Puu (mänty)	80.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
4	Puukuitueriste	100.00	0.0400	1.050000e-10	0.00	35.00	JA	JA
5	Puukuitulevy, huokoinen	12.00	0.0550	3.000000e-11	0.00	350.00	NEJ	JA
6	Puukuitulevy, puolikova	10.00	0.0800	5.750000e-12	0.00	700.00	NEJ	JA

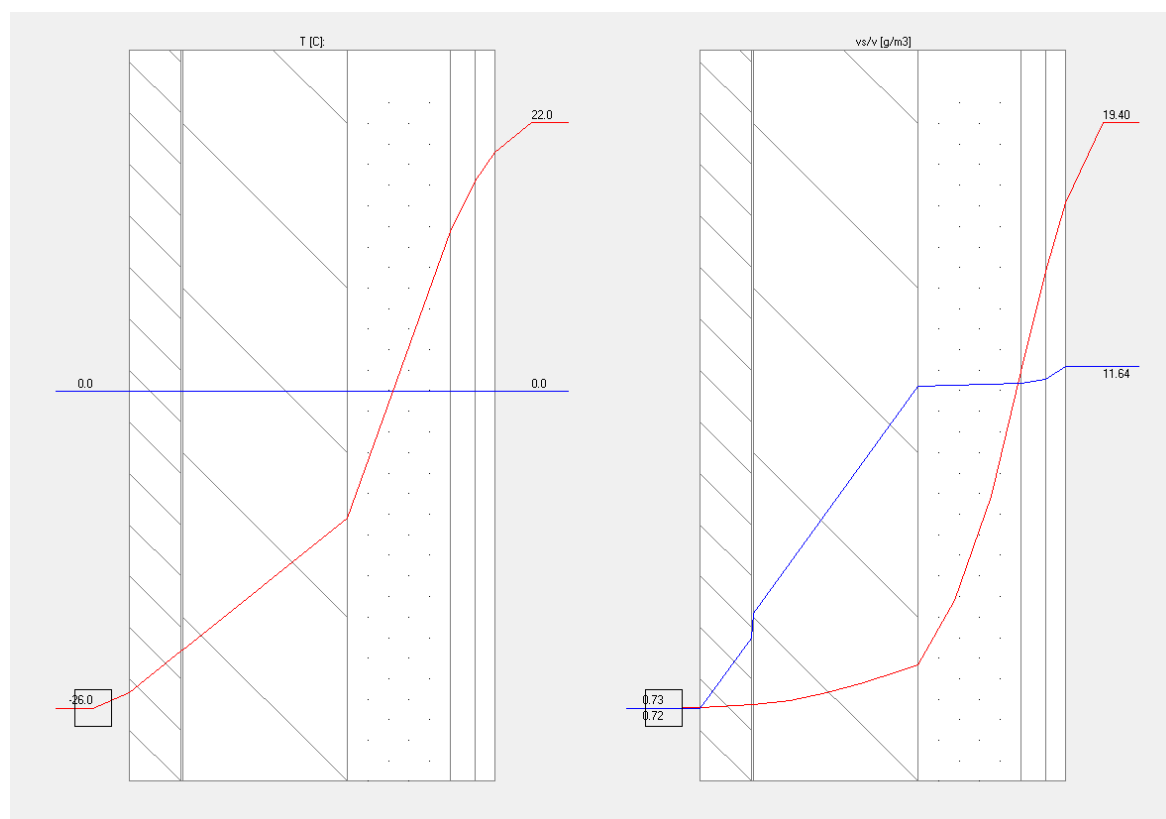
Data:	Värde:
U-värde:	0.29 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	90.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	228.000 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	12226.808 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000082 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	3.485 m2K/W
Vikt:	68.44 kg
Pris:	0.00 euro



Yttervägg, åtgärdsförslag 5: invändig tilläggsisolering med tunn träfiberisolering.

Nr	Skikt	T [mm]	lambda [W/mK]	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga	I beräkning
1	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
2	Tervapaperi	1.00	0.1400	3.200000e-13	0.00	0.00	NEJ	JA
3	Puu (mänty)	80.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
4	Puukuitueriste	50.00	0.0400	1.050000e-10	0.00	35.00	JA	JA
5	Puukuitulevy, huokoinen	12.00	0.0550	3.000000e-11	0.00	350.00	NEJ	JA
6	Puukuitulevy, puolikova	10.00	0.0800	5.750000e-12	0.00	700.00	NEJ	JA

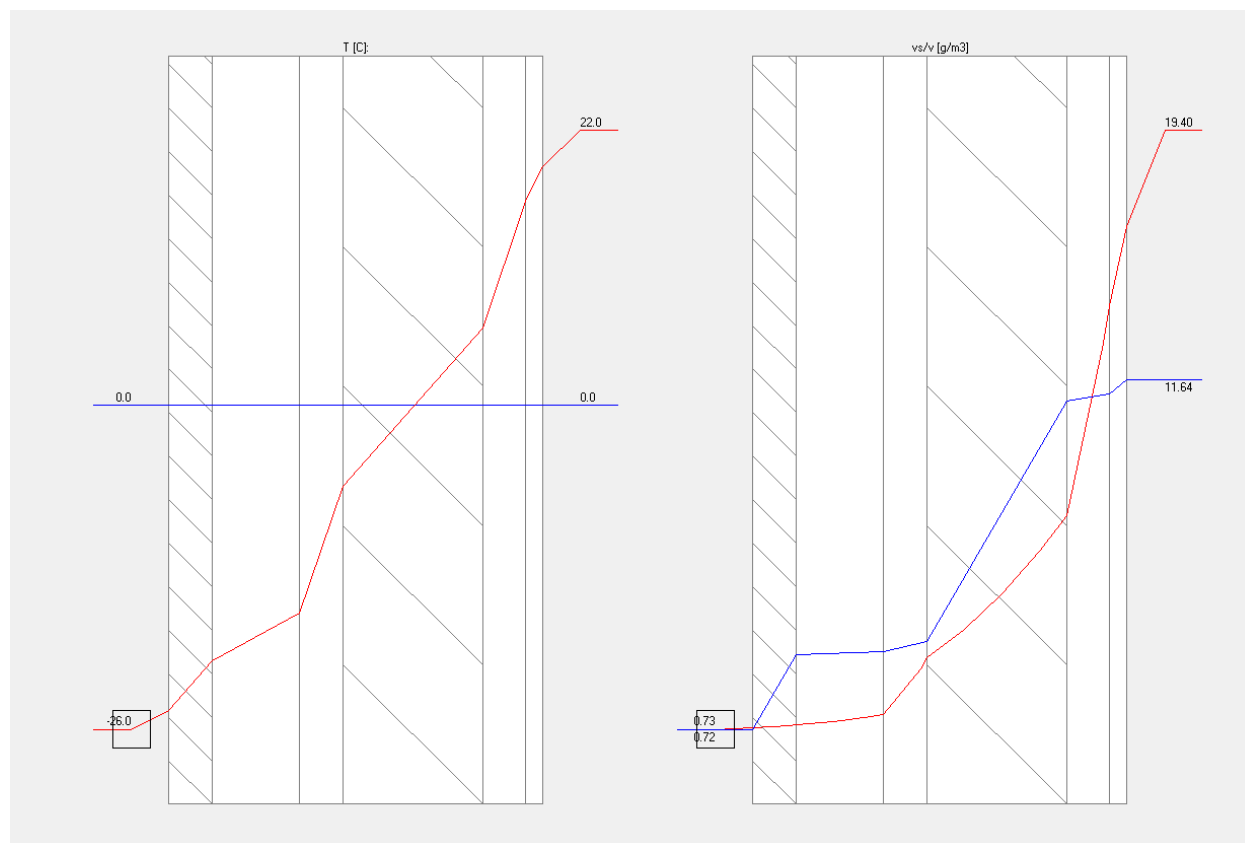
Data:	Värde:
U-värde:	0.42 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	90.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	178.000 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	12094.533 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000083 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	2.402 m2K/W
Vikt:	65.02 kg
Pris:	0.00 euro



Yttervägg, åtgärdsförslag 6: träfiberskiva på insida och utsida vägg.

Nr:	Skikt:	T [mm]:	lambda [W/mK]:	ÅGS [kg/msPa]:	Pris [euro/m3]:	Vikt [kg/m3]:	Köldbrygga:	I beräkning:
1	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
2	Tuulettumaton ilmarako 50 mm	50.00	0.2940	1.833333e-10	0.00	0.00	NEJ	JA
3	Puukuitulevy, huok. bitumi	25.00	0.0550	1.900000e-11	0.00	350.00	NEJ	JA
4	Puu (mänty)	80.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	JA	JA
5	Puukuitulevy, huokoinen	25.00	0.0550	3.000000e-11	0.00	350.00	NEJ	JA
6	Puukuitulevy, puolikova	10.00	0.0800	5.750000e-12	0.00	700.00	NEJ	JA

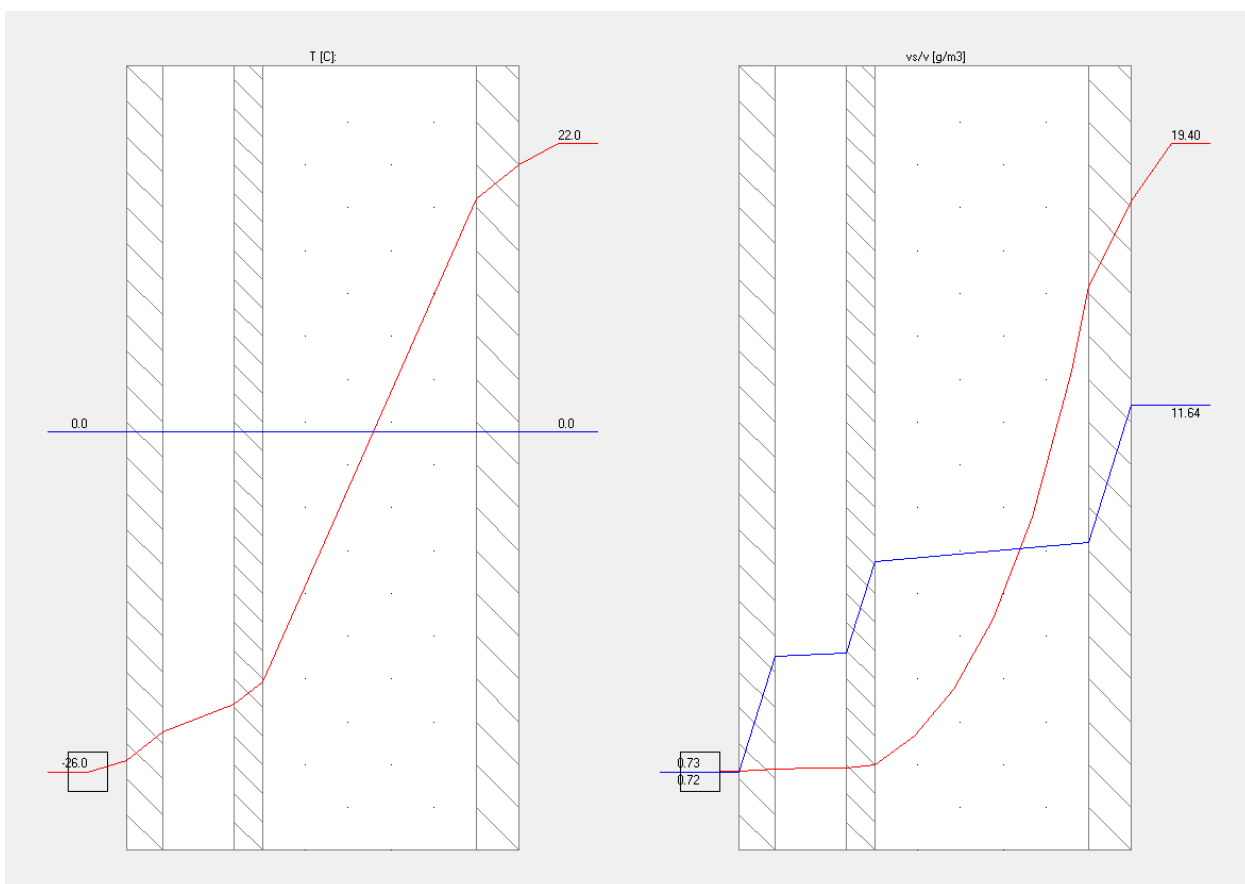
Data:	Värde:
U-värde:	0.46 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	90.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	215.000 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	11655.827 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000086 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	2.154 m2K/W
Vikt:	74.90 kg
Pris:	0.00 euro



Bottenbjälklag, åtgärdsförslag1: ny isolering av träfiber.

Nr	Skikt	T [mm]	lambda [W/mK]	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga:	I beräkning:
1	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
2	Spikregler och lufttrum 50mm	50.00	0.2940	1.833333e-10	0.00	0.00	JA	JA
3	Puu (mänty), antas	20.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
4	Puukuitueriste	150.00	0.0500	1.050000e-10	0.00	35.00	JA	JA
5	Puu (mänty), antas	30.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA

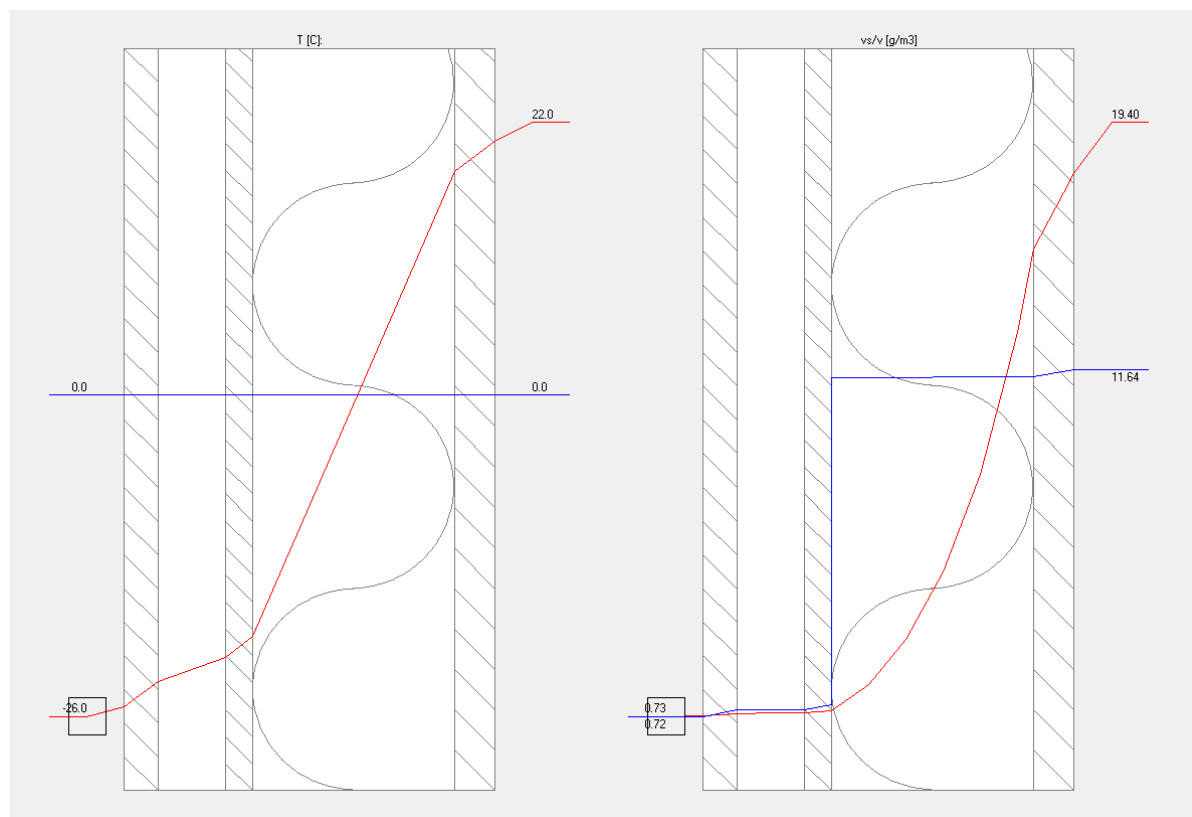
Data:	Värde:
U-värde:	0.28 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	0.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	275.000 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	7972.582 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000125 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	3.636 m2K/W
Vikt:	51.06 kg
Pris:	0.00 euro



Bottenbjälklag, åtgärdsförslag 2: ny isolering av mineralull med plastfolie.

Nr	Skikt	T [mm]	lambda [W/mK]	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga	I beräkning
1	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
2	Spikregler och lufttrum 50	50.00	0.2940	1.833333e-10	0.00	0.00	JA	JA
3	Puu (mänty), antas	20.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
4	Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	4.444444e-16	0.00	900.00	NEJ	JA
5	Mineraalvilla	150.00	0.0460	1.050000e-10	0.00	30.00	JA	JA
6	Puu (mänty), antas	30.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA

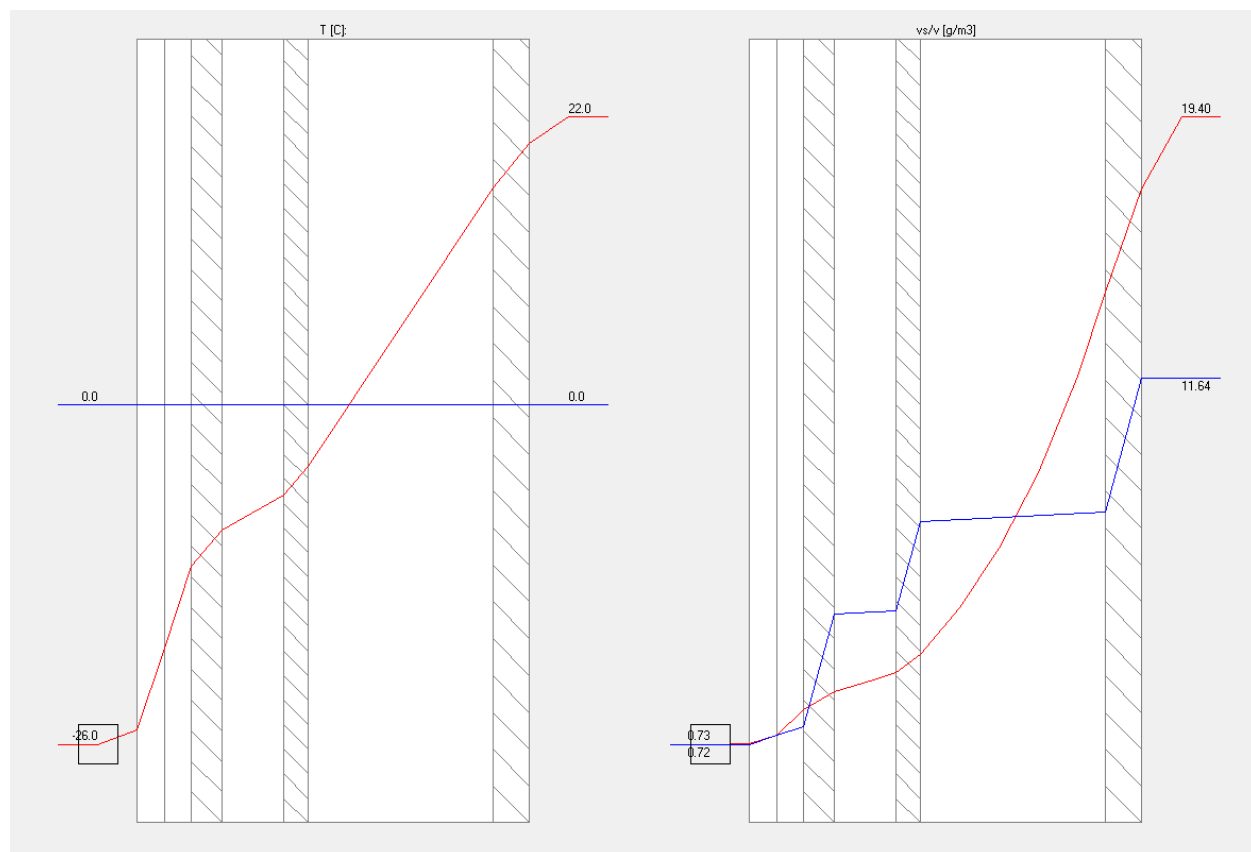
Data:	Värde:
U-värde:	0.26 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	0.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	275.200 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	132972.595 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000008 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	3.835 m2K/W
Vikt:	50.54 kg
Pris:	0.00 euro



Bottenbjälklag, åtgärdsförslag3: impregnerade träfiberskivor.

Nr	Skikt	T [mm]	lambda [W/mK]	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga	I beräkning
1	Puukuitulevy, huokoinen	22.00	0.0550	3.000000e-11	0.00	350.00	NEJ	JA
2	Puukuitulevy, huokoinen	22.00	0.0550	3.000000e-11	0.00	350.00	NEJ	JA
3	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
4	Spikregler och luftrum 50	50.00	0.2940	1.833333e-10	0.00	0.00	JA	JA
5	Puu (mänty), antas	20.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
6	Sahanpuru	150.00	0.1100	1.833333e-10	0.00	160.00	JA	JA
7	Puu (mänty), antas	30.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA

Data:	Värde:
U-värde:	0.33 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	0.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	319.000 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	8210.437 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000122 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	3.073 m2K/W
Vikt:	83.80 kg
Pris:	0.00 euro



Bottenbjälklag, åtgärdsförslag1: tilläggsisolering på undersida bjälklag.

Nr:	Skikt:	T [mm]:	lambda [W/mK]:	ÅGS [kg/msPa]	Pris [euro/m3]:	Vikt [kg/m3]	Köldbrygga:	I beräkning:
1	Polystyreni	50.00	0.0440	4.111111e-12	0.00	40.00	NEJ	JA
2	Puu (mänty)	25.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
3	Spikregler och lufttrum 50	50.00	0.2940	1.833333e-10	0.00	0.00	JA	JA
4	Puu (mänty), antas	20.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA
5	Sahanpuru	150.00	0.1100	1.833333e-10	0.00	160.00	JA	JA
6	Puu (mänty), antas	30.00	0.1400	2.777778e-12	0.00	480.00	NEJ	JA

Data:	Värde:
U-värde:	0.29 W/m2K
Övergångsmotstånd, ute:	0.070 m2K/W
Övergångsmotstånd, inne:	0.130 m2K/W
Vinkel (0-90):	0.000
Yta:	1.00 m2
Tjocklek:	325.000 mm
Ånggenomgångsmotstånd:	11181.408 m2hPa/g
Ånggenomgångskoeff:	0.000089 g/hm2Pa
Värmemotstånd:	3.409 m2K/W
Vikt:	70.40 kg
Pris:	0.00 euro

